



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Aplicación de la Ingeniería de Métodos para aumentar la productividad
en el área de transformación de planchas metálicas de la empresa
Rodal Ingenieros S.A.C

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Jimenez Jimenez, Margolyn Ashley (orcid.org/0000-0002-5801-9471)

Narro Quiroz, Gleiser Edilberto (orcid.org/0000-0001-6598-263X)

ASESORES:

Dr. García Juárez, Hugo Daniel (orcid.org/0000-0002-4862-1397)

Mg. Sandoval Reyes, Carlos José (orcid.org/0000-0002-8855-0140)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN - PERÚ

2022

Dedicatoria

Primero agradecer a Dios, porque a pesar de las caídas, me ha guiado y supo darme fortaleza para seguir adelante. A mis padres, que sin su apoyo no estuviera culminando esta etapa tan importante en mi vida; este esfuerzo y dedicación es completamente por y para ellos dos, son el motivo de no querer rendirme a mitad de camino.

(Jimenez Jimenez, Ashley)

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios. De igual forma, dedico esta tesis a mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional en cada momento y decisión que he tomado en la vida que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mi abuelito Edilberto Quiroz Medina quien a pesar de nuestra distancia física siento que está conmigo siempre guiándome desde el cielo en cada paso de mi vida y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, llevo conmigo cada sentimiento que inculcaste en mí, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi padre que siempre me ha sabido guiar por el camino del bien. A mis hermanos Jorge, Manuel, Alfredo y Fredy por su apoyo incondicional y compartir conmigo buenos y malos momentos.

(Narro Quiroz, Gleiser Edilberto)

Agradecimiento

A todos nuestros docentes que a lo largo de nuestra vida universitaria nos han brindado todos sus conocimientos y nos compartieron sus anécdotas de la vida laboral, y además de sus buenos consejos siempre para nosotros ser grandes profesionales.

A nuestro asesor, Dr. Hugo García Juárez, que nos apoyó mucho en el desarrollo de esta tesis, y sobre todo tuvo la paciencia necesaria para aclarar cada una de nuestras dudas y tener un óptimo resultado en nuestro trabajo.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y Diseño de la investigación.....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y unidad de análisis	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos... ..	19
3.5. Procedimiento.....	20
3.6. Métodos de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de frecuencias	27
Tabla 2. Eficiencia inicial del proceso	29
Tabla 3. Eficacia inicial del proceso.....	29
Tabla 4. Productividad inicial del proceso.....	33
Tabla 5. Medición de tiempos observados (TO)	39
Tabla 6. Factores de calificación de los trabajadores (Fc).....	40
Tabla 7. Suplementos del trabajo (S)	41
Tabla 8. Tiempos estándares del proceso (Ts).....	42
Tabla 9. Eficiencia post aplicación.....	43
Tabla 10. Eficacia inicial del proceso	45
Tabla 11. Productividad del proceso luego de la aplicación.....	47
Tabla 12. Comparación de los resultados obtenidos	48

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de operaciones del proceso 1 de transformación de planchas	24
Figura 2. Análisis del proceso de transformación de planchas (DAP 1).....	25
Figura 3. Diagrama de Ishikawa con las principales causas que impactan en la productividad del proceso.....	26
Figura 4. Diagrama de Pareto.....	28
Figura 5. Eficiencia del proceso en la etapa inicial	30
Figura 6. Eficacia del proceso en la etapa inicial	32
Figura 7. Productividad del proceso en la etapa inicial	34
Figura 8. Diagrama de operaciones del proceso 2 de transformación de planchas	36
Figura 9. Análisis del proceso de transformación de planchas (DAP 2).....	37
Figura 10. Eficiencia del proceso en la etapa post aplicación	44
Figura 11. Eficacia del proceso en la etapa post test.....	46
Figura 12. Productividad del proceso en la etapa de post test.....	48
Figura 13. Prueba de normalidad de los datos	49
Figura 14. Prueba paramétrica T-Student.....	50

Resumen

Esta investigación se desarrolló en la compañía Rodal Ingenieros S.A.C. con el objeto de aplicar la ingeniería de métodos en el área de transformación de planchas metálicas para aumentar la productividad en la empresa. La investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental donde se analizó el comportamiento de la productividad producto de la aplicación de la ingeniería de métodos, tanto en el pre test y también en el post test. La población la conformó el total de registros de los datos de productividad del área de producción del año 2022, y la muestra fue igual a la población. Los instrumentos empleados para la recolección de datos fueron Guía de observación del proceso, Ficha de registro de la evaluación del método, Ficha de registro de productividad inicial, Ficha de registro de los tiempos del proceso y Ficha de registro de productividad final. Los resultados de esta investigación determinaron que la productividad inicial de la entidad fue de 2.64 unidades/hora hombre de trabajo asignada en promedio semanal y luego de la aplicación de la ingeniería de métodos esta aumentó a 3.56 unidades/hora hombre de trabajo asignada a la semana en promedio. Los datos fueron analizados mediante el software SPSS, con un nivel de significancia de 0.000 ($P < 0.050$) mediante la prueba paramétrica T-Student. Se concluye que la ingeniería de métodos mejora la productividad de la entidad en un 34.9%.

Palabras clave: Ingeniería, proceso, productividad.

Abstract

This research was developed in the company Rodal Ingenieros S.A.C. in order to apply methods engineering in the area of sheet metal transformation to increase productivity in the company. The research is of an applied type, with a quantitative approach and pre-experimental design where the behavior of productivity resulting from the application of method engineering was analyzed, both in the pre-test and also in the post-test. The population was made up of the total records of the productivity data of the production area for the year 2022, and the sample was equal to the population. The instruments used for data collection were the Process Observation Guide, Method Evaluation Record Sheet, Initial Productivity Record Sheet, Process Time Record Sheet, and Final Productivity Record Sheet. The results of this investigation determined that the initial productivity of the entity was 2.64 units/man hour of work assigned on a weekly average and after the application of methods engineering this increased to 3.56 units/man hour of work assigned per week. on average. Data were analyzed using SPSS software, with a significance level of 0.000 ($P < 0.050$) using the parametric T-Student test. It is concluded that methods engineering improves the productivity of the entity by 34.9%.

Keywords: Engineering, process, productivity.

I. INTRODUCCIÓN

Son muchas y diferentes las formas con las que se podría conocer a la ingeniería de métodos, entre las diferentes definiciones tenemos: organización de métodos, dirección científica, estudio del trabajo, simplificación del trabajo, proyecto del trabajo, ergonomía aplicada, estudio de tiempos y movimientos. Esta última es la que vamos a reseñar brevemente sobre sus inicios y avances de acuerdo a su origen y crecimiento. Es necesario considerar de manera independiente el estudio de tiempos (medida de trabajo) y el estudio de movimiento (estudio de métodos), no cabe la duda que han existido personas de una capacidad extraordinaria que han hecho lo imposible por simplificar el trabajo, principalmente cuando es necesario la intervención del ser humano en la ejecución de proyectos de gran magnitud. (Duran, 2017)

Ello nos podría llevar a los momentos antes de la edificación de las pirámides de Egipto. pero, sin embargo, no se tiene antecedentes documentados de que de alguna manera se halla tratado de simplificar el tiempo de los trabajos efectuados en aquellos años, o de que haya habido un tipo de estudio sistemático para este proceso constructivo. (Duran, 2017)

La información donde si se tiene documentos data de los años 1760, donde el francés Perroner, efectuó un estudio a las labores utilizadas en la fabricación de alfileres, y a comienzos del año 1830, también se tiene que el inglés Charles Babbage elaboró un estudio igual sobre la fabricación de alfileres, pero analizando el trabajo de estos iniciadores de la ingeniería de métodos se puede concluir que solo efectuaron el cronometraje a ciclos completos de tareas, fue ya en el año de 1883 donde el ingeniero americano Frederick Taylor, diseño un sistema científico y sistemático el cual adoptó el nombre de: Estudio de tiempos. Taylor inició separando las labores en operaciones elementales, las que eran expuestas posteriormente a un análisis detallado e independiente entre sí, agregando de manera estadística el tiempo necesario para su realización. Al realizar diferente mezcla de condiciones para la ejecución de una labor, creó características que debían ser estudiadas con la finalidad de obtener la

perspectiva de ser efectuadas de manera continua. (Duran, 2017)

Otro ingeniero, Frank Gilbreth, desarrollaba en unión con su esposa Lillian (Dra. en psicología) un método de análisis algo diferente a lo anterior pues ellos subdividían las tareas en elementos fundamentales, estudiando cada uno de ellos de manera independiente y por separado entre sí, eliminando aquellos que resulten antieconómicos, para posteriormente combinar con los elementos que quedaban de la eliminación, al ver esta mezcla de elementos, pudieron notar un orden al proceso y que este se efectuaba de manera automática, el que al parecer no fue considerado por Taylor. Lo principal para Gilbreth estaba compuesto por los movimientos, naciendo de esta manera el estudio de métodos, ya en el año 1912 Gilbreth y su esposa exponen de manera pública el perfeccionamiento de su método inicial, el cual constaba en estudiar las partes principales de los movimientos, apoyados con la cinematografía, surgiendo el estudio de micro movimientos. La palabra “Ingeniería de métodos” recién fue utilizada en el año 1932 por H. B. Maynard, a quien le pertenece el termino antes descrito. (Duran, 2017)

Hoy en día, la Ingeniería de Métodos es utilizado como un instrumento básico de la Ingeniería Industrial, en ella tenemos la dificultad al tratar de incorporar al hombre a ser parte del proceso de producción, sea esta de bienes o de generación de servicios. Ya que el tomar la decisión de dónde y cómo se incluye al ser humano en el trabajo con el fin de obtener un desempeño más eficaz de sus tareas, indicando las condiciones, las herramientas, el equipo, los documentos y los métodos indispensables para conseguir que las partes del sistema funcionen en óptimas condiciones y se logre un proceso productivo más económico. (Duran, 2017)

La productividad, es un indicador que actualmente todas las empresas tratan de conseguir con el afán de mejorar, no obstante, el estudio del mismo origina que se cree una serie de instrumentos, formas o métodos que permitan analizar, medir y mejorar este indicador. (Aduato Aguilar, 2015).

El requerimiento principal es aplicar la ingeniería de método en la empresa, para una mejora de producción y por ende la satisfacción de los clientes. Al ser más eficientes significa gastar mejor y no menos, complacer la necesidad del cliente garantizando calidad, exactitud y rapidez para la entrega de su trabajo. (Quintero, y otros, 2021).

Rodal Ingenieros S.A.C es una empresa constituida e inscrita en registros públicos en la provincia de Pacasmayo y departamento de la Libertad, esta inicia sus actividades el 11 de abril del 2015, siendo sus principales negocios el desarrollo de proyectos de ingeniería, fabricación de estructuras metálicas industriales, transformación de planchas metálicas, venta de planchas metálicas, venta de perfiles metálicos y la ejecución de montajes electromecánicos industriales, donde utilizan materiales de diferentes espesores, desde 0,9 mm. hasta 24 mm. perfiles y aceros inoxidable de las mismas medidas. Cuenta con un local ubicado en la urbanización el Porvenir Mza. 20, lote 1, donde se comercializan los productos metálicos y se efectúan los servicios de maestranza.

Actualmente, la empresa se encuentra en desarrollo, consiguiendo ampliar la línea de ventas y transformación de planchas metálicas, esta sección anteriormente contaba con un área de terreno de 330 m² y ahora es de 1500 m², debido a esta ampliación es que se ha manifestado de manera más evidente las deficiencias en parte de sus procesos productivos, siendo el más notorio en el área de transformación de las planchas metálicas.

Acorde a lo antes expuesto se efectúa una investigación a fin de evaluar la condición actual del retraso de la entrega de los trabajos por parte de la empresa y poder obtener información real de la problemática que está surgiendo en dicha sección, mediante el estudio investigativo se considera que parte de esta realidad problemática presente son: el no tener un orden para la recepción de los trabajos y la programación de los mismos. Además, no cuentan con un control adecuado para el registro de materiales suministrados por los clientes, generando una confusión entre materiales del mismo tipo, pero de cliente diferente. No es la excepción la demora en la ejecución de los servicios por mala programación

entre las planchas metálicas de diferente espesor. También, la falta de mobiliario y herramientas adecuadas para el trazado de planchas es un problema, ya que, al no contar con los equipos apropiados para estas tareas, se incrementa el tiempo de producción. Por último, tenemos la falta de orden jerárquico del personal de operaciones de la maquinaria hidráulica que es parte del proceso productivo. Razón por la cual es necesario plantear una solución a esta situación proponiendo aplicar la ingeniería de métodos para aumentar la productividad en el área de transformación de planchas metálicas, y así conseguir mejorar la entrega de los trabajos de manera más eficiente.

Posteriormente a lo antes explicado se plantea solucionar los sucesos que causan la baja productividad en la empresa, para ello se elabora la pregunta de investigación a manera general, ¿En qué medida la aplicación de la ingeniería de métodos influye en el aumento de la productividad del área de transformación de planchas metálicas de la empresa Rodal Ingenieros SAC, Pacasmayo-2022? Continuando con el trabajo investigativo se presenta a continuación las justificaciones del proyecto de investigación: Justificación teórica, en ella se efectúa un análisis al modelo actual del método de trabajo y se establece una mejora tanto en eficiencia como en eficacia de la producción, implementando nuevos procesos, formas y dispositivos adicionales que ayuden a poder reducir el tiempo de paradas imprevistas a causa de una mala programación o un mal sistema de operación, identificando los problemas que aquejan a la empresa. Justificación técnica, el actual proyecto de investigación se ha efectuado para ayudar a optimizar los servicios ejecutados en las máquinas de cizallado, plegado, rolado de planchas y rolado de perfiles. El tratar de aumentar la eficiencia de estos servicios, es un reto el cual se puede superar con la ayuda de los estudios del análisis de los tiempos y movimientos, con información estándar de la empresa, con croquis de los movimientos, el muestreo de las tareas, se busca obtener la solución al problema de los tiempos improductivos, y uso inadecuado de la mano de obra en el proceso de producción. Estos factores generan retrasos en la ejecución de los trabajos. Debido a esta situación es preciso efectuar un estudio del proceso productivo para conseguir una mejora en la productividad.

Expuestas las justificaciones a continuación se plantea el objetivo general del proyecto de investigación el cual es: aplicar la ingeniería de métodos en el área de transformación de planchas metálicas para aumentar la productividad en la empresa, con la finalidad de ser más eficientes en la ejecución de los trabajos encomendados por los clientes, obteniendo de esta manera la reducción de los tiempos improductivos, pero utilizando los mismos recursos con que se cuenta.

Por lo tanto, para conseguir este objetivo general se tiene que cumplir con los siguientes objetivos específicos: (i) Evaluar la condición actual del método de trabajo del proceso productivo de la transformación de planchas metálicas. (ii) calcular los indicadores de productividad iniciales. (iii) desarrollar la propuesta de mejora de estudio de método. (iv) determinar los índices de productividad finales.

Formulado los objetivos seguidamente se plantea como hipótesis del proyecto que: La aplicación de la ingeniería de métodos ayudaría al aumento de la productividad en el proceso de transformación de planchas metálicas en el área de maestranza de la empresa.

II. MARCO TEÓRICO

Continuando con el proyecto de investigación se estudia situaciones de éxito donde se utilizó la ingeniería de métodos aplicados en industrias empresas u otras actividades con la finalidad de obtener un incremento de la productividad. A nivel internacional se tiene: que el trabajo de investigación efectuado, por los autores (Lliquin Mosquera, y otros, 2018) plantean una propuesta de estudio y análisis para mejorar la productividad en el área de granallado metálico de planchas y perfiles de acero en la empresa Sedemi S.C.C., donde consiguieron incrementar este indicador por medio de la elaboración de un nuevo diseño de la distribución de la planta, y la estandarización de los tiempos en el proceso, así mismo también efectuaron un análisis por medio de herramientas de la manufactura esbelta, aplicando una metodología de estudio de carácter inductivo adaptando un modo de campo usando técnicas bibliográficas e instrumentos tal como la visualización, con la implementación de esta propuesta llego a corregir los errores, reducir el tiempo del proceso, permitiéndoles a los colaboradores les sea más fácil sus labores por medio de una autoevaluación de las 5" S", llegando a reducir el tiempo de 450 a 373,72 minutos optimizando un tiempo de 76.28 minutos el cual les favorece al incremento de la producción por día el cual sería de 3,4 a 4 toneladas de granallado metálico.

Continuando con la búsqueda de información, y poder obtener un respaldo al estudio del proyecto de investigación se tiene que el autor (Dussan Cartagena, 2017) plantea aplicar el estudio de métodos y tiempos para mejorar y/o fortalecer los procesos en el área de producción de la empresa Gregory - Ibagué, para desarrollar su proyecto inicia con proponer técnicas y metodologías relacionadas a la medición de movimientos y tiempos respecto de la medición del trabajo, con la finalidad de mejorar los indicadores de eficiencia y eficacia al mismo tiempo que esto trasciende en una mejora de la productividad, para ello elabora un diagrama de flujo y poder tener mejor conocimiento del proceso, consiguiendo determinar que las causas del incremento de tiempo es por el poco espacio con que se cuentan entre modulo y modulo, adicional a ello también se ven afectados por el desorden del taller elaborando un análisis con la finalidad de obtener un

tiempo estándar por caja modulo. Así mismo elabora una matriz FODA para determinar sus fortalezas y debilidades, adicional se consideró tener una producción modular lineal continua y quitar el sistema de trabajo que es producción modular discontinúa, con esto se verían favorecidos en la reducción de tiempos en transporte entre los diferentes módulos. Consiguiendo establecer una uniformidad en todos los procesos, retirar la duplicidad de equipos móviles reduciendo el desorden, uso adecuado de las máquinas para corte, costura, fileteado, manualidades y lavado, también implemento un plan de mantenimiento a los equipos para evitar paradas imprevistas y ganar estos tiempos evitando se presenten averías.

Continuando con el estudio a fin de respaldar el proyecto de investigación se tiene que el autor (Choez Galarza, 2018) propone el mejoramiento de la eficiencia en el proceso de corte de láminas de acero en Mabe-Ecuador, para lo cual uso técnicas de Ingeniería Industrial y de esta forma poder determinar los problemas, para el estudio de este caso aplicó: diagramas causa efecto, matriz FODA, diagrama para análisis de operaciones y Pareto, consiguiendo, determinar que la causa de esta problemática en su mayoría es ocasionado por la falta de mobiliario de almacenamiento del material habilitado destinado a la fabricación de las cocinas, a fin de superar el problema utilizó la primera herramienta de Lean Manufacturing (7" s), permitiéndole contar con un control visual de la zona de trabajo, además adiciono un conjunto de anaqueles para tener ordenado los materiales, el equipo de almacenamiento de flejes, el que ayudaría al aumento de la productividad. La sección investigada tenía pérdidas de \$ 154.963 al año, y era necesario inyectar un capital de \$ 20.653 40 para la implementación de la propuesta, elaborando para ello un análisis financiero el que demuestre la rentabilidad de la mejora, obteniendo un costo beneficio de \$ 5.1, un TIR del 185.18% el cual daría un retorno de inversión en el séptimo mes con un valor de \$20,778.03 comparado a \$20,653.40 que fue lo invertido. Obteniendo de esta forma el incremento de la eficiencia y la productividad de la empresa y por ende mayor rentabilidad.

Siguiendo con la recopilación de información y con la finalidad de apoyarnos para la investigación del proyecto se tiene información de estudios investigativos realizados en empresas de carácter nacional: Continuando con la investigación bibliográfica se tiene que el autor (Pujaico Lizarbe, 2019) presenta, un trabajo investigativo donde propone la aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Digital Electric, desarrollando y evaluando las condiciones del proceso productivo por medio del registro de los tiempos y movimientos a fin de conseguir mejorar el control de la eficiencia, la información de producción para determinar la eficacia del área, con la finalidad de conocer el aporte de la influencia del estudio de la ingeniería de métodos en proceso de corte y montaje de las placas de aluminio utilizadas para la fabricación de tableros eléctricos, la información antes mencionada la obtuvo efectuando una muestra de 22 reportes de producción y de igual manera la cantidad de registros de tiempos, para posteriormente efectuar un comparativo entre el análisis del estudio y la hipótesis planteada. Para posteriormente poder determinar que obtuvo una mejora de la productividad de área, reduciendo el tiempo estándar en un 8% e incrementando la productividad en un 12 %, pudiendo afirmar lo antes expuesto en base a un análisis estadístico por medio de la comparación del antes y después de la mejora implementada a través de una prueba de Wilcoxon, debido a que estas son muestras no paramétricas, logrando un incremento significativo del valor : por debajo de 0.05; aceptando que el aumento de productividad se consiguió gracias a la aplicación del estudio de tiempos y movimientos, favoreciendo en ello a una mejora económica en favor de la empresa.

Siguiendo con el estudio del proyecto de investigación, se tiene información de la tesis de los autores (Castro Sánchez, y otros, 2022), donde plantean elaborar una propuesta de aplicación de ingeniería de métodos para mejorar la productividad en un taller de mecánica automotriz, dando inicio a su investigación con el uso de teorías actuales para la aplicación de ingeniería de métodos basada en el diseño descriptivo propositivo. Para ello utilizó como población de estudio los servicios ejecutados en el taller mecánico automotriz en un lapso de 270 días hábiles comprendidos en los meses de enero a octubre del año 2021.

De igual forma se consideró una segunda población la que estuvo compuesta por los tiempos de cada servicio ejecutado. También se apoyó en el uso del análisis documental de donde obtuvo la data respecto de la productividad, adicional a esto también se vio la necesidad de realizar un cuestionario aplicado al personal de mantenimiento para obtener de manera real la situación actual del proceso y mediante herramientas de ingeniería industrial (Pareto, Ishikawa y Vester pudieron identificar la causa raíz: caso de ello es no contar con un tiempo estándar por servicio repetitivo, identificar los cuellos de botella) consiguiendo superar estos contratiempos logrando obtener la mejora del proceso de atención de servicios automotrices, mejorando el tiempo de reparación, de 4 a 7 unidades móviles favoreciendo a la empresa en un incremento de productividad del 21 % al 33% por técnico.

Prosiguiendo con la investigación se encuentra información importante que nos sirve de amparo al estudio del proyecto de investigación, donde el autor (Velasco Bustamante, 2017) plantea aplicar la ingeniería de métodos en la mejora del proceso de fabricación de pallets de madera para incrementar la productividad de la empresa manufacturas y procesos integrados E.I.R.L., su trabajo lo inicia identificando el cliente que brinda el mayor ingreso económico a la empresa, donde evalúa los tiempos de despacho de la solicitud de pallets de madera, notando que existían algunos problemas tales como el retraso en días de entrega. Para lo cual hace uso del diagrama de Ishikawa, y posteriormente evaluar mediante Pareto y realizar un análisis detallado de las razones que generan tal efecto. Él se enfocó en reconocer el área y distribución de equipos en planta, posteriormente efectuó un diagrama de operaciones del proceso (DOP), seguidamente ejecutó el diagrama de recorrido del proceso de fabricación de pallets, por último, aplico el diagrama de actividades del proceso (DAP) seguidamente por medio del estudio de métodos y el estudio de tiempos, formulo un nuevo recorrido del proceso dando uso de una madera específica para la elaboración de los pallets, por ultimo estableció una nueva estación de trabajo, en base a una máquina de sierra circular para el corte, permitiéndole acortar los tiempos en el cepillado de madera, de igual forma fue necesario implementar un sistema de transporte interno mediante Stokas, adicional

también fue necesario el uso de una maquina manuable clavadora automática a fin de que realice el nuevo diagrama de actividades. Dicha inversión la calculo a través del retorno de inversión (ROI) determinándole un valor del 40.53% lo que significó que en un lapso de 2.5 años recuperaría lo invertido, lo cual reafirmo para que se aplique la implementación. Todo lo explicado le sirvió para obtener una reducción en el costo operativo por unidad de 4.06 soles a 2.76 soles por pallet entregado, generando una reducción del 32% de inversión por pallet producido, de igual manera consiguió un incremento de la productividad que oscila entre 1.34 y 1.63 como costo ahorrado por pieza fabricada. Por último, consiguió reducir la distancia de los procesos de fabricación, considerando los tiempos por cada tarea y a su vez los componentes que son parte de él, optimizando los tiempos de operación de la fabricación de pallets y por ende la mejora económica de la empresa.

Siguiendo con el estudio se encuentra información relevante para avalar el proyecto de investigación presentado, en donde los autores (Tanta Maiqui, y otros, 2021) proponen la Aplicación de la ingeniería de métodos en el área de moldeo para aumentar la productividad en una empresa metal mecánica, enfocando su estudio en el área de fundición especialmente en el sector de moldeo, iniciando su análisis, efectuando diagramas de causa efecto y diagrama de Pareto a los factores más críticos que perjudican a la productividad de moldes en el moldeo de la empresa, implementa diagrama de operaciones del proceso (DOP) a fin de determinar las sub tareas principales dentro del proceso general, y efectuándoles un diagrama de análisis del proceso (DAP) a cada una de ellas, proponiendo un nuevo diagrama de análisis para el proceso donde se demuestre la reducción de tiempos, ello enfocado en el incremento de la productividad. Consiguiendo determinar que existen un 30% de actividades improductivas, consiguiendo incrementar la productividad en un 7.44% posterior a la mejora. Continuando con el proceso de estudio y recopilación de información para respaldo del proyecto de investigación se tiene la tesis del autor (Torres Bravo, 2017) quien propone la aplicación de la ingeniería de métodos para la mejora de la productividad en el proceso de armado de viga de tolvas en la empresa industrias metálicas Alyer S.R.L., iniciando su desarrollo mediante una

investigación de tipo aplicada de forma que pueda demostrar su estudio, usando herramienta de observación de las tareas recolecto información en un lapso de 2 meses para poder constructar un mes posterior a la mejora efectuada, de manera que pudo analizar en comportamiento de las variables por medio de los instrumentos que utilizo, mediante la toma de los datos de tiempo pudiendo determinar el tiempo estándar apoyado en el uso del cronometro de igual manera también, aplico formatos de eficiencia, eficacia y productividad, consiguiendo elevar la productividad de 49% a un 73% una vez realizada la mejora, los datos obtenidos fue ingresado a un programa estadístico SPSS, con el fin de obtener una decisión favorable o negativa respecto de la hipótesis, en conclusión se consiguió una mejora en la productividad viéndose reflejado en la mejora económica de la empresa.

Siguiendo con la investigación se tiene una tesis en donde los autores (Osorio Rivas, y otros, 2020) proponen implementar la ingeniería de métodos para mejorar la productividad de la empresa tealmol S.A.C. La finalidad principal por parte de los investigadores es determinar el tiempo estándar utilizados en cada tarea parte del proceso productivo, proponiendo establecer métodos efectivos una vez efectuado el análisis, este consiste en simplificar los tiempos optimizando las tareas, con ello también consiguió tener al personal en un ambiente grato y amigable, Obteniendo como resultados favorables para la empresa con un incremento de la productividad en un 5.56%, eficiencia de 1.41% y una eficacia de 4.16% esos indicadores muestran el objetivo planteado y por lo tanto la mejora económica y la competitividad de la misma todo en favor de la empresa.

Prosiguiendo con la investigación se recauda información de la tesis del autor (Tantalean Espinoza, 2020) en la cual presenta la Aplicación del estudio del trabajo y su efecto en la productividad de la empresa metal mecánica HLE fabricaciones E.I.R.L. el cual pudo efectuar gracias al uso de un análisis de datos descriptivo e inferencial, también usó técnicas como: la observación en situ, encuestas y entrevistas en los trabajadores, asi mismo utilizó instrumentos de recolección de datos como: entrevista, cuestionarios, con este análisis obtuvo un

aumento de la productividad de un 8% en favor de la empresa brindándole a la misma un incremento de la rentabilidad.

Teorías relacionadas al tema

Planta de transformación de planchas metálicas en frío:

Conjunto de maquinarias electromecánicas de operación semiautomática con unidades hidráulicas para activar los sistemas electrohidráulicos que ejercen la presión sobre las planchas metálicas, cuenta con una presión de 160 tn. por parte de la plegadora y con una presión de 125 tn. por parte de la guillotina, adicional a estos equipos también es parte de la planta, la roladora de 4 rodillos quien tiene una capacidad de doblar de planchas de hasta 19 mm. en un largo de 2400 mm. parte de este conjunto de maquinarias también es la roladora de perfiles de 03 ejes con matrices capaces de doblar perfiles de diferentes formas (P. Groover, 2017), la imagen de esta planta se encuentra en Anexo 02, figura 02.

Plegadora Hidráulica:

Equipo robusto fabricado en acero bonificado de alta resistencia mecánica con sistemas electrohidráulico para activar el sistema de ascenso y descenso al momento de la doblar en frío de las planchas metálicas, cuenta con una matriz hembra de diferentes medidas para efectuar su trabajo de plegado y un punzón macho con un espesor de 16 mm. y de alta resistencia mecánica quien ingresa dentro del ángulo de la matriz. (P. Groover, 2017)

Cizalla hidráulica:

Maquina electrohidráulica con capacidad de presión de 125 tn. fabricada con placas de acero bonificado de alta resistencia mecánica, cuenta con una bancada de 3100 mm de largo por 600 mm de ancho, y placas de corte de 3150 mm. de largo, el corte es efectuado a planchas metálicas con un espesor máximo de 10 mm., su sistema de trabajo es realiza un corte en frío por medio de las placas de corte que descienden con un grado de inclinación definido por el fabricante, cuenta con un tope posterior para cortes continuos. (P. Groover, 2017)

Roladora de 4 rodillos:

Maquina conformada por 04 ejes sólidos de alta resistencia a la flexión, fabricada con una estructura metálica con aceros especiales, su mecanismo de operación consiste en el movimiento de los ejes centrales de forma vertical de manera ascendente y descendente, y los ejes de los lados laterales se mueven de forma radial teniendo como eje de rotación el centro de la estructura metálica, su velocidad de giro es variable la que oscila de 5 a 30 r.p.m. dependiendo el espesor de plancha a rolar, su sistema de operación motriz está compuesta de una unidad hidráulica y válvulas solenoides servopilotadas a través de pulsadores ubicados en el tablero de control, de donde se comandan todas las funciones propias del equipo. (Viedma Robles, y otros, 2018)

Roladora de perfiles:

Dispositivo diseñado para realizar trabajos de transformación de perfiles metálicos, estos son transformados de diferente forma según el ajuste determinado en la calibración de sus matrices. Su sistema de operación está basado en el movimiento de los rodillos laterales móviles fijados en la parte central de la máquina, pero contando con un movimiento de arriba debajo por medio de actuadores hidráulicos los que son activados por medio de válvulas solenoides de control, también tiene un pedal de giro derecha izquierda.

Ingeniería de Métodos:

Según, (Duran, 2017) La Ingeniería de Métodos, es considerada como una herramienta principal de la ingeniería industrial, para el análisis de los diferentes tipos de procesos que evalúa esta carrera su principal problema es el de integrar al ser humano en el proceso productivo con la condición de conseguir mayor eficacia al proceso, estableciendo condiciones más adecuadas al trabajo, brindando las herramientas específicas por tarea, instalando el dispositivo más idóneo para los trabajos, los procedimientos y la información necesaria para cada tarea específica, con la finalidad de obtener un proceso más económico y con la misma cantidad de recursos con que se cuenta.

Su ámbito de trabajo no solo está destinado a las fábricas, también es usado de manera exitosa en el área de mantenimiento, operación de almacenes, servicios

industriales, servicios hospitalarios, educación, en el diseño de grupos de trabajadores, en la simplificación de los procesos, en general este se puede aplicar a cualquier actividad donde participe el ser humano.

Para poder desarrollar la ingeniería de métodos se debe establecer procedimientos sistemáticos, los que involucran las operaciones a continuación:

Análisis de métodos:

Según, (Algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo, 2015) Por medio del análisis de la carga laboral determinamos las formas, recursos y esfuerzos necesarios para poner en práctica los diferentes tipos de operación, obteniendo en tiempo real, el conocimiento de las deficiencias que se presentan para el recurso humano, estableciendo necesidades de modificación en la designación de la labor analizada a fin de lograr las metas fijadas.

Tiempo Estándar:

Es el tiempo ocupado por un colaborador, para efectuar una tarea en condiciones normales de operación a un ritmo normal de trabajo conociendo que elementos participan en la tarea. A ello sumamos el tiempo por descanso u otra forma de poder restablecerse para mantener el ritmo de trabajo en el lapso del horario determinado por la empresa (Revista de Operaciones Tecnológicas, 2017).

Este lo podemos determinar en base a una gran cantidad de tomas de muestras aleatorias pudiendo determinar los estándares de los tiempos por tarea asignada. para ello se muestra en la figura 02, los pasos para la toma de tiempos.

Productividad:

Es la capacidad que se tiene para conseguir más, pero sin afectar o incrementar los recursos con los que se cuenta, sea este para la ejecución de un servicio, proceso productivo o cualquier labor que se quiera mejorar, es una manera de expresar que tan buena es la empresa, el sistema, la planta, el país, y así podríamos colocar una diversidad de conceptos, pero todas bajo el mismo escenario.

Productividad = Eficiencia x Eficacia

Eficiencia:

Este concepto se define por la capacidad, disponibilidad, esfuerzo y forma de como una persona, organización, o un sistema logra un resultado determinado, la meta final es conseguir los objetivos trazados utilizando para ello lo mínimo de los recursos con los que cuenta, dicho efecto está basado en la relación de entradas utilizadas y salidas obtenidas. (Fernández Ríos, y otros, 2021)

Eficacia:

Dicho concepto esta dado en base a los resultados deseados o esperados sea este por medio de una organización, persona o sistema
Que dichos resultados cuenten con las especificaciones requeridas o solicitadas.

III. METODOLOGÍA

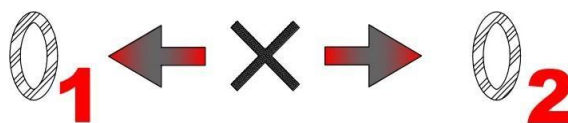
3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

Es tipo de investigación es aplicada, por que la solución del problema se obtiene atacando la realidad problemática actual del área de transformación de planchas metálicas y perfiles, haciendo uso de todas las herramientas que son parte de la ingeniería de métodos a fin de obtener la solución a dicha problemática, la metodología utilizada para aplicar este sistema está basada en el uso de aplicaciones de ingeniería. (Lozada, 2016)

3.1.2. Diseño de investigación:

El diseño de investigación es cuasi experimental, porque aplicamos la ingeniería de métodos, utilizando técnicas, herramientas e instrumentos que ayuden a ver los efectos del proceso productivo. Por consiguiente, este diseño se aplicará a los 04 sub sistemas que conforman el área en estudio, determinando un antes y después, con la finalidad de estudiar los valores de tiempos en favor de la productividad, a través de la secuencia continua de recopilación de datos.



Donde:

O1 = Pre Test (medición de la productividad antes del estudio)

X = Aplicación de la Ingeniería de Métodos

O2= Post Test (medición de la productividad después del estudio)

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Ingeniería de métodos

Definición conceptual: Su principal función es la de incorporar al hombre, a ser parte de un proceso productivo el cual debe generar un producto final, su labor principal está en la toma de decisión y análisis para ubicar el lugar ideal con la finalidad de que este sea más eficiente, eficaz y por consiguiente más productivo mejorando todo el sistema. (Palacios Acero, 2015)

Definición operacional: Ingeniería de métodos es la implicación de procesos útiles para la producción de productos tiempo posible y costo.

Indicadores:

- Estudio de movimientos
- Tiempo estándar

Escala de medición: Razón

Variable dependiente: Productividad.

Definición conceptual: Según (Carro Paz, y otros, 2018), la productividad es un indicador que conlleva al mejoramiento de las operaciones esto determina una condición favorable efectuando un número mayor de productos terminados, pero con el uso de los mismos recursos con los que se cuenta en el proceso, en conclusión, definimos como productividad que es la cantidad producida por un sistema (salidas), relacionado en base a los recursos utilizados para producir dicha cantidad (entradas).

Definición operacional: Gutiérrez (2018) manifiesta que la productividad se mide en relación a la eficiencia y eficacia del trabajo.

Indicadores:

Eficiencia: (horas hombre trabajadas / total de horas hombre)

Eficacia: (unidades producidas / horas hombre trabajadas).

Escala de medición: Razón

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población: Se define población a un grupo de individuos, elementos o factores que presentan características y atributos en común, los cuales poseen la capacidad de ser medidos ya sea de manera cuanti o cualitativamente (Arias, 2018).

La población analizada de esta investigación la conformará el total de registros de los datos de productividad del área de producción del año 2022 de la empresa.

Criterios de inclusión: Los criterios de inclusión para la población fueron los registros de productividad obtenidos en los meses de mayo a julio del 2022.

Criterios de exclusión: Los criterios de exclusión en la población fueron no considerar los registros de productividad de los meses de enero, febrero, marzo y abril ya que se tratan de data más antigua y se desea trabajar con información más reciente.

3.3.2. Muestra: Es una parte finita de la población que es seleccionada para fines de estudio y análisis por medio de procedimientos y estándares (Arias y Villasis, 2018).

La muestra es considerada, a cada servicio efectuado de manera continua y repetitiva. Esta información será documentada y analizada mediante controles de tiempo por tarea, a fin de obtener el tiempo estándar de cada una de ellas, esto se realizará en cada maquinaria donde se efectúen los servicios a los clientes.

3.3.3. Muestreo: El muestreo para este proyecto de investigación es de tipo aleatorio, debido a que el estudio efectuado conlleva a realizar un análisis minucioso a la línea de producción destinada a la transformación de planchas metálicas y perfiles. A continuación, en tabla siguiente se presenta población y muestra:

INDICADOR	UNIDAD DE ANÁLISIS	POBLACIÓN	MUESTRA	MUESTREO
Estudio de Movimientos	Recorrido de los materiales	Supervisor de planta	Supervisor de planta	No requerido
		Ayudantes	Ayudante de Plegadora	Por Conveniencia
			Ayudante de Guillotina	
Ayudante de Roladora				
Tiempo estándar	Trazado de planchas metálicas y perfiles	Todos los colaboradores	Jefe de planta	Por Conveniencia
			Supervisor de planta	
			Operador de plegadora	
			Operador de guillotina	
			Operador de roladora	
			Ayudante de plegadora	
			Ayudante de Guillotina	
			Ayudante de Roladora	
Eficiencia	Colaboradores	Todos los operadores de la maquinaria hidráulica.	Operador de Plegadora	Por Conveniencia
			Operador de Guillotina	
			Operador de Roladora	
Eficacia	Colaboradores	Cantidad de Productos terminados	Planchas y perfiles terminados	No requerido

Tabla 01: Población y muestra
Fuente: Elaboración propia, 2022

Unidad de análisis: Arias (2020), identifica la unidad de análisis como el objetivo de la investigación del que se derivan los datos para la indagación del estudio. Por lo tanto, la unidad de análisis fue un accidente del área de producción en la empresa Rodal Ingenieros S.A.C

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos.

Está conformada por procedimientos y funciones que facultan al investigador la recopilación de una data indispensable para obtener información concreta y particular relacionada a la necesidad de la investigación, con la finalidad de obtener la solución a la interrogante planteada en el proceso de investigación. (Hernández Mendoza, y otros, 2020)

Recolección de datos.

Se considera como el cálculo de datos, es una precondition con el fin de conseguir el conocimiento científico.

Instrumento de recolección de datos.

Este se establece de acuerdo a las condiciones para la obtención de medidas, los datos serían las definiciones que manifiestan una conceptualización de la realidad, respecto a lo sensorial, de fácil determinación a base del uso de los sentidos el cual se puede determinar de manera directa e indirecta, de forma que todo lo real es medible. (Hernández Sampieri, y otros, 2019)

A continuación, en tabla N° 02 se detalla los indicadores, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Recorrido del proceso	Observación	Diagrama de Análisis del proceso (DAP) – Anexo 04 / 6.4.2
Cantidad de Operaciones		Formato de Control de tiempo por movimientos de sub tareas Anexo 04 / 6.4.6
Recorrido de sub tareas		
Tiempo del Proceso	Observación	Formato de control del Tiempo por tarea – Anexo 04 / 6.4.7
Tiempo de sub Tareas del Proceso		Formato Tiempo Estándar – Anexo 04 / 6.4.1
Tiempo Estándar de sub Tareas del proceso		
Eficiencia	Observación	Formato de Eficiencia – Anexo 04 / 6.4.3
Eficacia		Formato de Eficacia – Anexo 04 / 6.4.4
		Formato de Productividad – Anexo / 6.4.5

Tabla 02: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia, 2022

3.5. Procedimiento

Se conceptualiza un procedimiento, en una investigación, como la manera en cómo se desarrolla el cumplimiento de un objetivo o meta, mediante aplicaciones de mejoras sobre un determinado tema (Pérez, Ocampo y Sánchez, 2018).

Se detallaron acciones para cada objetivo para lograr los mejores resultados: En el primer objetivo se llevará a cabo visitas a la entidad para recopilar la información necesaria que permitan evaluar la situación inicial por medio del establecimiento de las causas que afectan a la productividad y que son partícipes de la problemática de la compañía. Esta información se analizará por

medio de un diagrama DOP, DAP, de Ishikawa y Pareto.

Para el segundo objetivo específico que consistió, en calcular los indicadores iniciales de productividad en la empresa Rodal Ingenieros S.A.C, se solicitó a la empresa los registros de productividad de los primeros meses de este año para el pre-test.

También para el tercer objetivo que consistió en la aplicación de la ingeniería de métodos en la empresa Rodal Ingenieros S.A.C; El equipo de investigación se enfocó en mejorar y estandarizar el método de trabajo del proceso de transformación de planchas metálicas, el cual se muestra en el diagrama DOP.

Por otro lado, el cuarto objetivo específico que consistió en determinar los índices de productividad finales en la empresa Rodal Ingenieros S.A.C, para tener los resultados de una mejoría en la productividad.

3.6. Métodos de análisis de datos

Análisis Descriptivo:

Se hizo la descripción de cada uno de los resultados obtenidos de cada objetivo específico planteado mediante tablas, figuras, gráficos, etc.

Análisis Inferencial:

Para analizar el impacto del estudio de trabajo en la productividad se llevó a cabo un estudio de normalidad para determinar si se aplica la herramienta T-Student o Wilcomson. También se hizo uso del programa SPSS (Statistical Package for Social Science)

3.7. Aspectos Éticos

Según Pérez (2018), se ha afirmado que la ética son obligaciones morales entre las personas que realizan un trabajo científico con la difusión del buen comportamiento profesional y por ende el buen comportamiento moral en el momento del estudio. En este estudio se utilizó la ética definida por esta universidad, la cual tiene como objetivo cuestionar la ética antes de iniciar una

investigación, ya que los autores están seguros de que aportarán conocimiento científico, asegurando su rigor en cuanto a la calidad de esta investigación. Además, se valoró el entorno de la empresa maderera Selva Central SCRL; ya que se contó con los permisos necesario para llevar a cabo la investigación. Por otro lado, la confidencialidad de los resultados fue respetados y garantizados, y esta información fue manejada únicamente por los investigadores para los fines adecuados y completos de esta investigación, teniendo en cuenta las opiniones de los responsables de la empresa.

Además, la objetividad de este estudio fue garantizada, porque los resultados obtenidos de este estudio fueron lo que reflejen la realidad del problema de investigación, sin ninguna posible desviación en los resultados. Por otro lado, al analizar la originalidad del proyecto, los autores afirman que este estudio respetará una tasa de similitud de menos del 25%, mediante la herramienta turnitin se logró una tasa de similitud del 20%.

En el ámbito del respeto a la integridad de los datos, este estudio garantizo que todos los datos obtenidos de las herramientas en el momento de su aplicación fueron recogidos de forma veraz y honesta. En cuanto a los derechos de los autores que son mencionados en este estudio, fueron respetados debido a que sea citado y referenciado siguiendo las reglas de la norma ISO 690-2.

IV.RESULTADOS

Objetivo específico 1: Análisis del método actual de trabajo.

Se presenta a continuación el proceso productivo del proceso de transformación de planchas metálicas través de un DOP (Diagrama de operaciones) y un DAP (Diagrama de análisis de proceso) para una mejor comprensión de cómo se llevan a cabo las operaciones en la empresa metalmecánica.

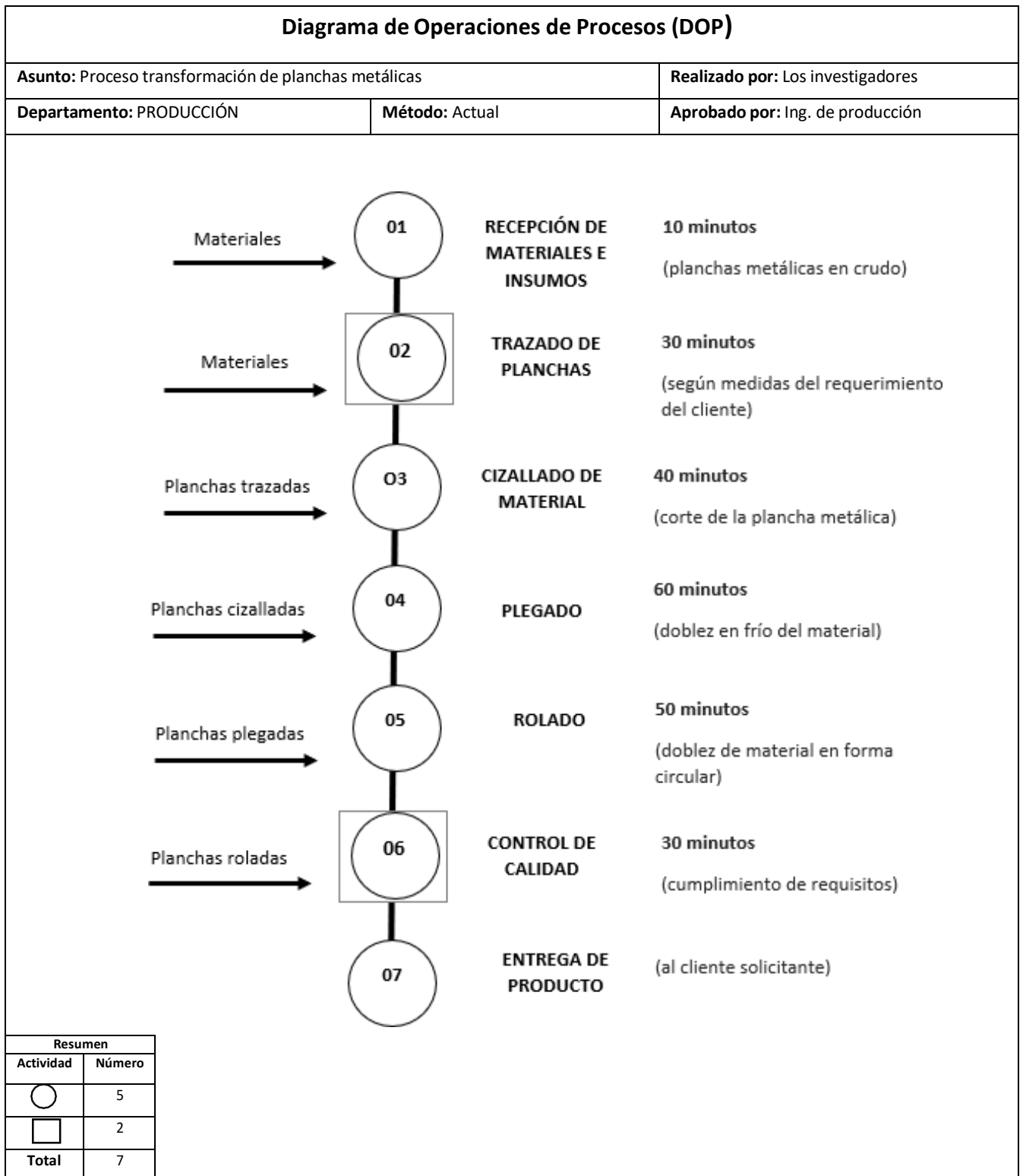


Figura 01. Diagrama de operaciones del proceso 1 de transformación de planchas.

El proceso cuenta con 7 operaciones, las cuales tienen un tiempo de ciclo en promedio de 210 minutos (3.5 horas) por cada 400 unidades producidas.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO - DAP				Operario <input checked="" type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/>																	
Diagrama no. 1				Resumen																	
				Actividad		Símbolo		Actual		Propuesto		Ahorro									
Producto: Plancha metálica				Operación		○		5													
				Inspección		□		0													
Actividad: Transformación de planchas metálicas				demora/espera		D		1													
				transporte		⇒		5													
Método: actual <input checked="" type="checkbox"/> propuesto <input type="checkbox"/>				almacenamiento		▽		1													
				Operación - inspección		⊖		2													
Área de trabajo donde se realiza la actividad: Producción				Distancia (metros)		38															
				Tiempo (minutos)		282															
Operario (s): 14				Tiempo (horas)		4.70															
Elaborado por: los investigadores				Fecha: 22/07/2022		Costo: S/		S/													
Aprobado por: Ing. de producción				Fecha: 25/07/2022		TOTAL		14													
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES				Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	DESCRIPCIÓN		
							○		□		D		⇒		▽		⊖				
El personal transporta los materiales al área de producción				400	15	5							X	5						-	
Se recepciona el material						10	X	10													-
El personal inicia el trazado de las planchas metálicas						30											X	30			-
Se traslada las planchas trazadas a otra área					5	2							X	2							-
Se cortan las planchas según medida requerida						40	X	40													-
Se traslada las planchas a la siguiente estación					4	3							X	3							-
Las planchas metálicas son plegadas						60	X	60													-
Se espera que las planchas se adhieran entre sí						15				X	15										-
Se dobla el producto en forma circular						50	X	50													-
Se traslada el producto a otra área					6	5							X	5							-
Se realiza la inspección y control de calidad del producto						30											X	30			-
Se traslada el producto al almacén					8	7							X	7							-
Se almacena el producto terminado						15								X	15						-
Entrega al cliente						10	X	10													-
TOTAL				400	38	282	5	170	0	0	1	15	5	22	1	15	2	60			

Figura 02. Análisis del proceso de transformación de planchas (DAP 1).

El proceso de transformación de planchas metálicas involucra 14 actividades, de las cuales 5 de estas son operaciones, 1 actividad de espera, 5 actividades de transporte, 1 de almacenamiento y 2 combinadas, equivalentes a un tiempo total de 282 minutos (4.7 horas) por cada 400 unidades producidas.

$$Av = (\sum TAv / \sum Tt) \times 100\%$$

$$Av = (230 \text{ minutos} / 282 \text{ minutos}) \times 100\%$$

$$Av = 0.816 \times 100\%$$

$$Av = 81.6\%$$

Sólo el 81.6% del tiempo total del ciclo de trabajo representa tiempo que genera valor al proceso de transformación de planchas metálicas.

Se llevó a cabo el análisis de los problemas que acontece el proceso de transformación de planchas metálicas en la compañía, por lo cual se elaboró un diagrama de Ishikawa con cada una de las causas que impactan en la productividad del proceso.

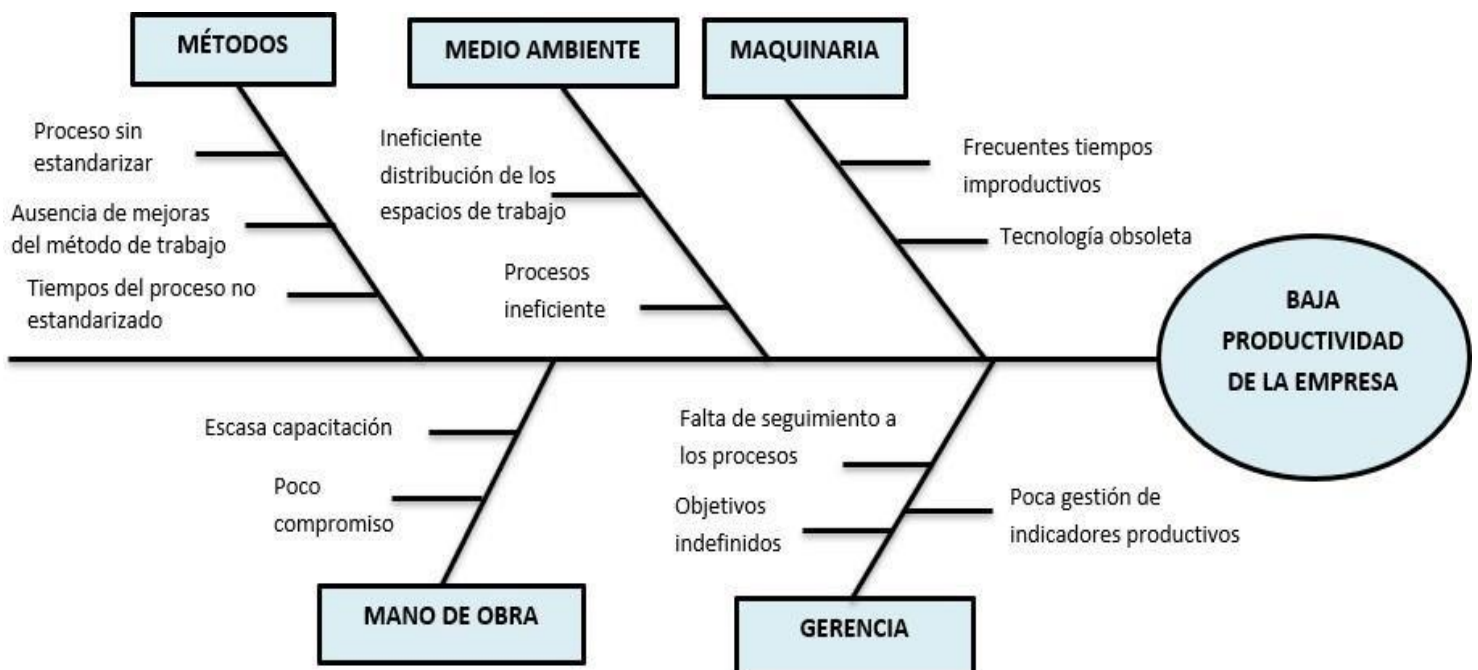


Figura 03. Diagrama de Ishikawa con las principales causas que impactan en la productividad del proceso.

Se logró determinar las causas que impactan en la productividad del proceso, de las cuales se menciona el proceso sin estandarizar, la ausencia de las mejoras del método, los tiempos del proceso no estandarizado, el proceso ineficiente y los tiempos improductivos.

Una vez se identificaron los factores de la problemática del proceso, se llevó a cabo el estudio de Pareto para determinar cuáles son las causas que tienen un mayor impacto en la productividad.

Tabla 1. Tabla de frecuencias.

Causas	Frecuencia	%	% Acumulado
A. Proceso sin estandarizar	44	23%	23%
B. Ausencia de mejoras del método de trabajo	41	22%	45%
C. Tiempos del proceso no estandarizados	31	16%	62%
D. Personal con falta de capacitación	24	13%	74%
E. Poca gestión de indicadores productivos	11	6%	80%
F. Tecnología obsoleta	9	5%	85%
G. Objetivos indefinidos	8	4%	89%
H. Falta de seguimiento a los procesos	6	3%	93%
I. Procesos ineficientes	5	3%	95%
J. Poco compromiso de los colaboradores	3	2%	97%
K. Frecuentes tiempos improductivos	3	2%	98%
L. Ineficiente distribución de los espacios de trabajo	3	2%	100%
TOTAL	188	100%	

Fuente: Autoría propia.

La causa con la mayor frecuencia de impacto en la productividad es el proceso sin estandarizar con 44 registros, haciendo un porcentaje del 23% del total; seguido de la ausencia de las mejoras del método y los tiempos del proceso no estandarizados con 41 y 31 registros respectivamente. Estos factores son los que tienen un mayor impacto en la productividad del proceso.

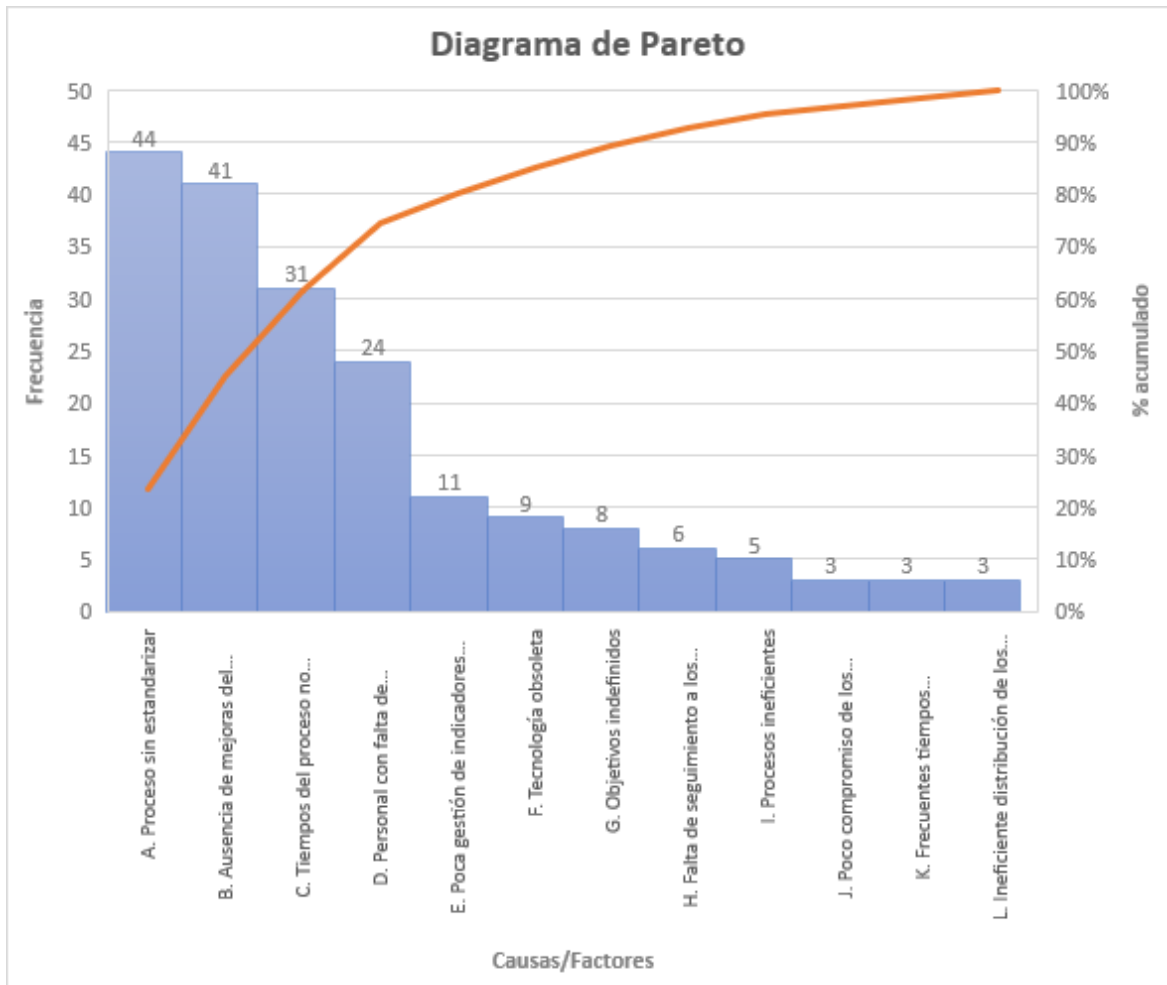


Figura 04. Diagrama de Pareto.

Se determinó que las causas correspondientes al proceso sin estandarizar, ausencias de mejoras del método y los tiempos no estandarizados fueron las que tuvieron un mayor impacto en la productividad de la compañía con un total 62% del acumulado de frecuencias.

Resumen: El desarrollo de este objetivo permitió conocer el método actual del proceso, el cual presenta un IAV de 81.6%, así como las principales causas que impactan en la productividad de la entidad donde se menciona el proceso sin estandarizar, tiempos no estandarizados, y la poca gestión de indicadores.

Objetivo específico 2: Cálculo de los indicadores iniciales de productividad.

Tabla 2. Eficiencia inicial del proceso.

PERIODO 2022		Eficiencia	
SEMANA	horas hombre de trabajo	total horas hombre asignadas	horas hombre de trabajo/total de horas hombre
Sem. 1 May	504	672	0.75
Sem. 2 May	588	672	0.88
Sem. 3 May	546	672	0.81
Sem. 4 May	588	672	0.88
Sem. 5 Jun	546	672	0.81
Sem. 6 Jun	588	672	0.88
Sem. 7 Jun	588	672	0.88
Sem. 8 Jun	462	672	0.69
Sem. 9 Jul	504	672	0.75
Sem. 10 Jul	420	672	0.63
Sem. 11 Jul	420	672	0.63
Sem. 12 Jul	462	672	0.69
			0.77

Fuente: Autoría propia.

Se establece, por medio de la tabla 2, que se logró determinar una eficiencia promedio del 77% semanal, lo que indica que por cada 1 hora de trabajo asignada sólo se emplea 0.77 horas para las labores durante el periodo de estudio inicial correspondiente a los meses de mayo a julio de 2022.

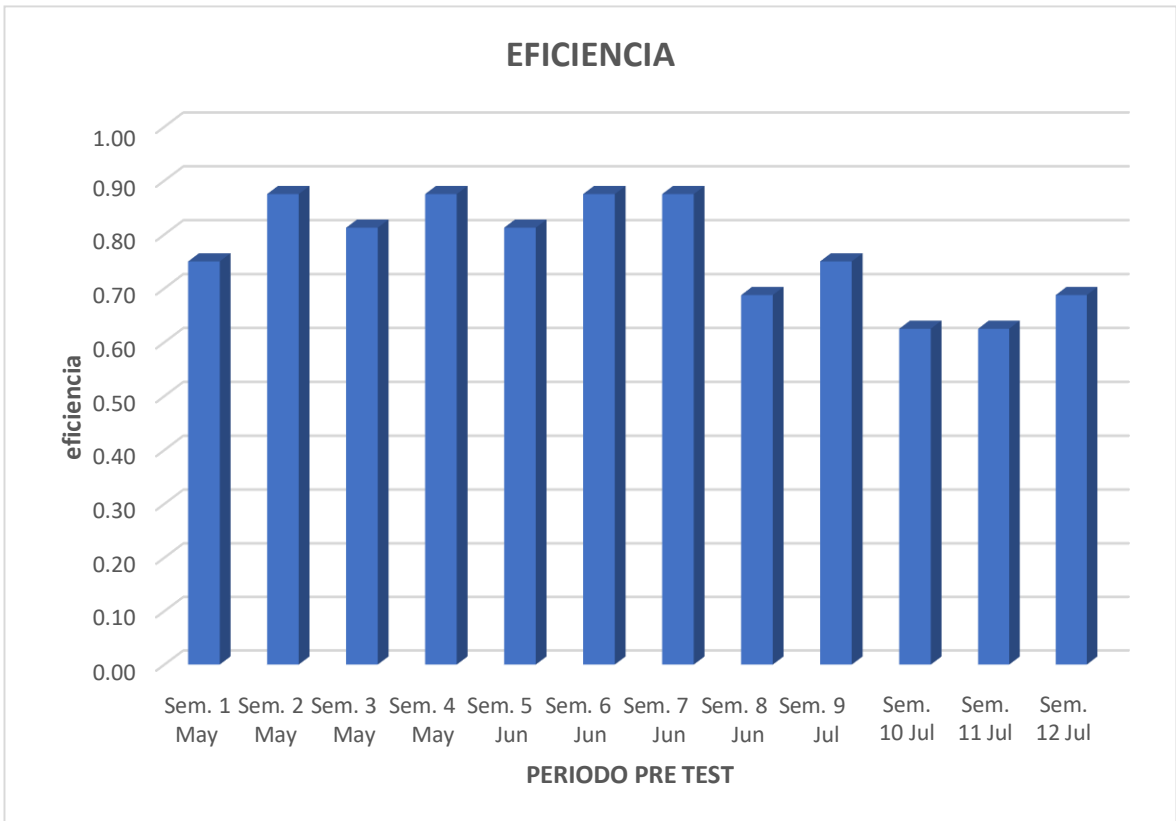


Figura 05. Eficiencia del proceso en la etapa inicial.

Se puede apreciar el comportamiento de los resultados obtenidos de la eficiencia del proceso durante la etapa de evaluación inicial, donde la eficiencia más alta de este periodo fue en las semanas 2, 4, 6 y 7 con el 88%; mientras que el resultado más bajo fue en las semanas 10 y 11 del mes de julio con el 63% de eficiencia.

Tabla 3. Eficacia inicial del proceso.

PERIODO 2022		Eficacia	
SEMANA	unidades producidas (planchas)	horas hombre de trabajo	unidades producidas/horas hombre de trabajo
Sem. 1 May	1800	504	3.57
Sem. 2 May	1860	588	3.16
Sem. 3 May	1740	546	3.19
Sem. 4 May	1680	588	2.86
Sem. 5 Jun	1920	546	3.52
Sem. 6 Jun	1860	588	3.16
Sem. 7 Jun	1800	588	3.06
Sem. 8 Jun	1860	462	4.03
Sem. 9 Jul	1740	504	3.45
Sem. 10 Jul	1710	420	4.07
Sem. 11 Jul	1500	420	3.57
Sem. 12 Jul	1830	462	3.96
			3.47

Fuente: Autoría propia.

En la tabla 3 se determina una eficacia promedio semanal de 3.47 planchas producidas por cada hora hombre trabajada durante el periodo de estudio inicial correspondiente a los meses de mayo a julio de 2022.

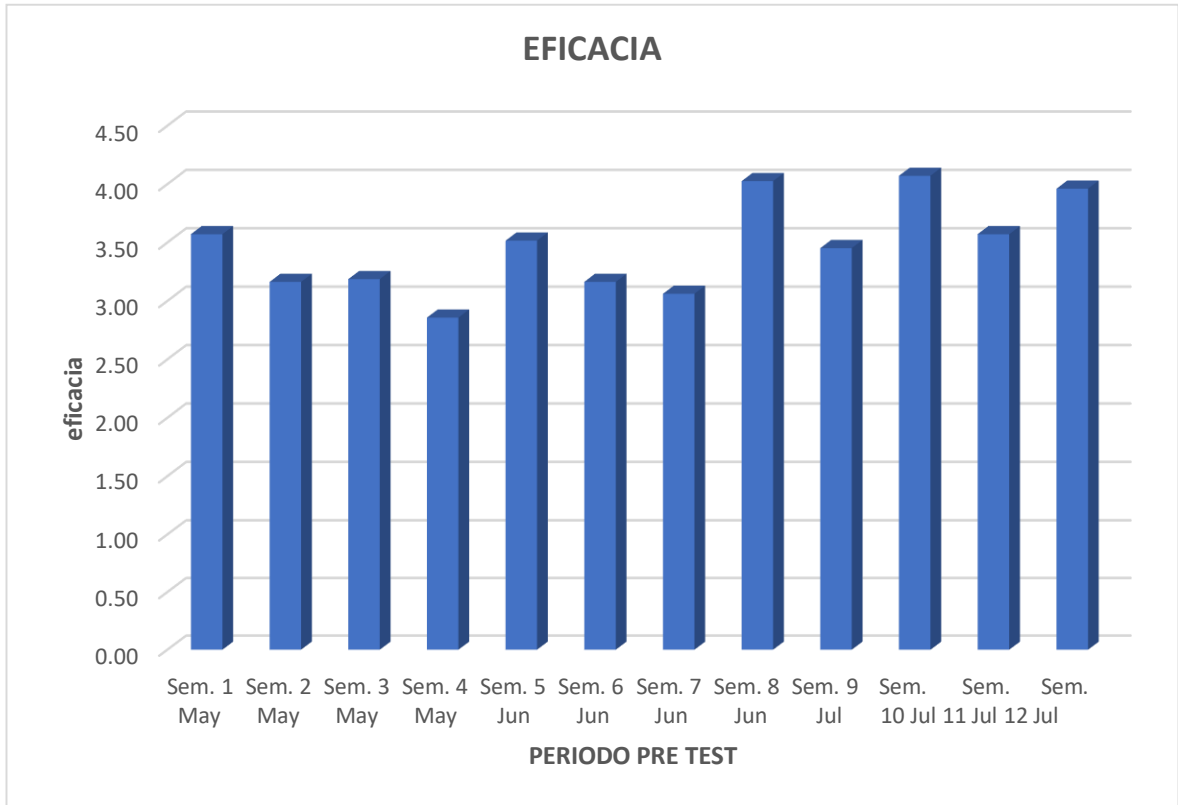


Figura 06. Eficacia del proceso en la etapa inicial.

En la gráfica anterior puede apreciar la tendencia de los resultados obtenidos de la eficacia del proceso durante la etapa de evaluación inicial, donde el resultado más alto de este periodo fue en la semana 10 del mes de julio con 4.07 unidades producidas por cada hora hombre trabajada; mientras que el resultado más bajo fue la semana 4 del mes de mayo con 2.86 unidades producidas por cada hora hombre trabajada.

Tabla 4. Productividad inicial del proceso.

PERIODO 2022		Productividad	
SEMANA	unidades producidas (planchas)	total horas hombre asignadas	unidades producidas/total de horas hombre
Sem. 1 May	1800	672	2.68
Sem. 2 May	1860	672	2.77
Sem. 3 May	1740	672	2.59
Sem. 4 May	1680	672	2.50
Sem. 5 Jun	1920	672	2.86
Sem. 6 Jun	1860	672	2.77
Sem. 7 Jun	1800	672	2.68
Sem. 8 Jun	1860	672	2.77
Sem. 9 Jul	1740	672	2.59
Sem. 10 Jul	1710	672	2.54
Sem. 11 Jul	1500	672	2.23
Sem. 12 Jul	1830	672	2.72
			2.64

Fuente: Autoría propia.

Se logró determinar una productividad inicial del proceso de 2.64 unidades producidas por cada hora hombre de trabajo asignada a la semana durante el periodo inicial de evaluación.

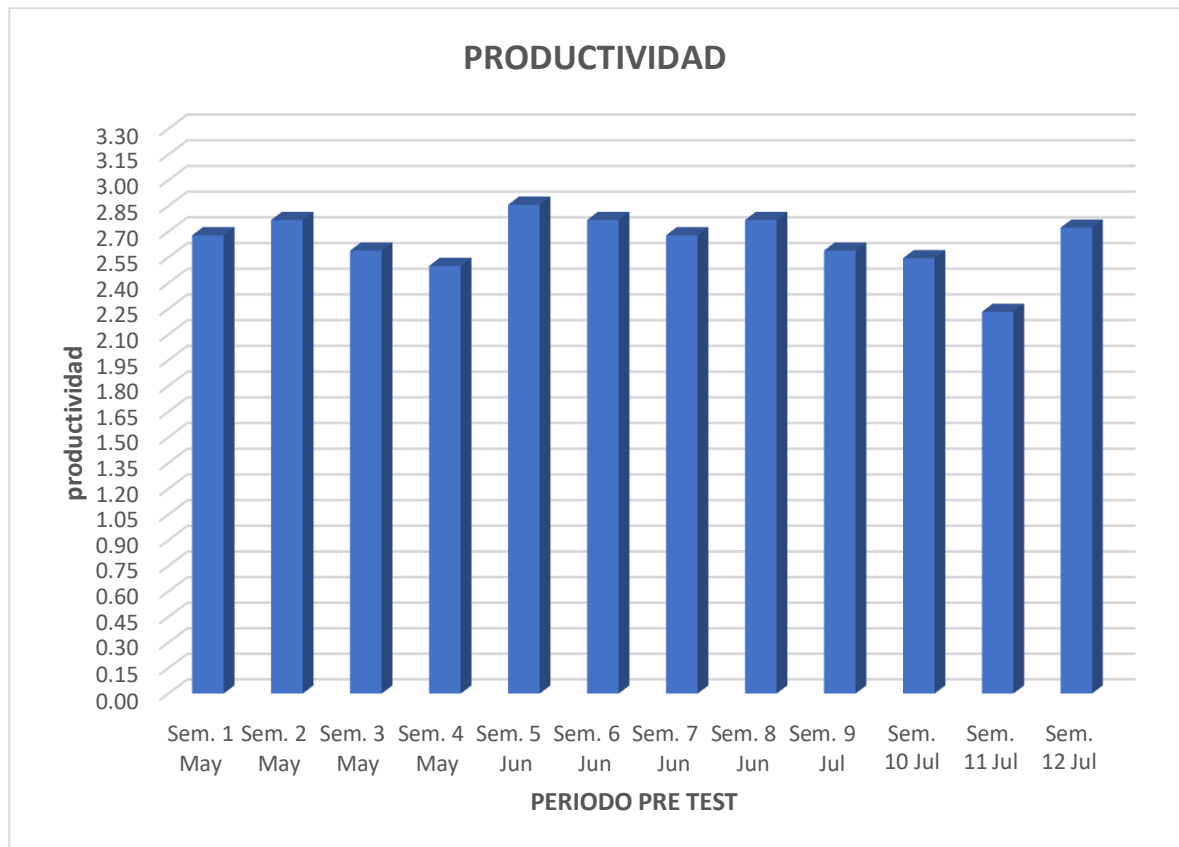


Figura 07. Productividad del proceso en la etapa inicial.

En la figura anterior se detalla la gráfica del comportamiento de la productividad semanalmente obtenida en la empresa, donde uno de los periodos con el mayor índice de productividad fue la semana 5 del mes de junio con 2.86 unid. / hora hombre de trabajo asignada, mientras que en la semana 11 del mes de julio fue el periodo con el menor resultado de productividad con 2.23 unid. / hora hombre de trabajo asignada.

Resumen: Este objetivo estableció una eficiencia de 0.77, una eficacia de 3.47 unidades/hora hombre trabajada y una productividad equivalente a 2.64 unidades/hora hombre de trabajo asignada en promedio semanal respectivamente.

Objetivo específico 3: Aplicación de la ingeniería de métodos.

Estudio del método

El equipo de investigación se enfocó en mejorar y estandarizar el método de trabajo del proceso de transformación de planchas metálicas, el cual se muestra en el siguiente DOP:

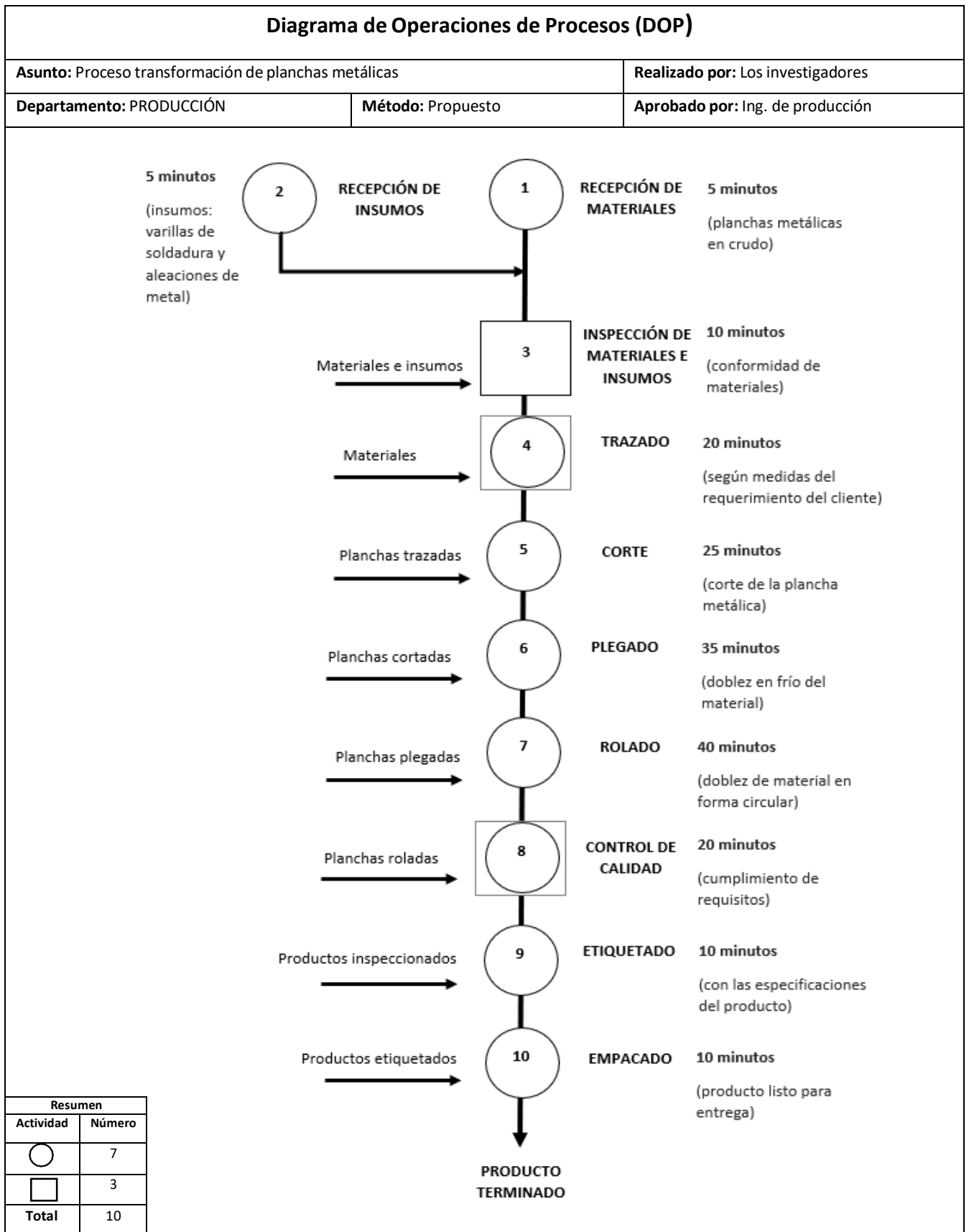


Figura 08. Diagrama de operaciones del proceso 2 de transformación de planchas.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESO - DAP				Operario <input checked="" type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/>																		
Diagrama no. 2				Resumen																		
				Actividad		Símbolo		Actual		Propuesto		Ahorro										
Producto: Plancha metálica				Operación		○		5		8		-3										
				Inspección		□		0		1		-1										
Actividad: Transformación de planchas metálicas				demora/espera		D		1		0		1										
				transporte		⇒		5		0		5										
Método: actual <input type="checkbox"/> propuesto <input checked="" type="checkbox"/>				almacenamiento		▽		1		1		0										
				Operación - inspección		⊗		2		2		0										
Área de trabajo donde se realiza la actividad: Producción				Distancia (metros)		0																
				Tiempo (minutos)		202																
Operario (s): 14				Tiempo (horas)		3.37																
Elaborado por: los investigadores				Fecha: 05/10/2022		Costo: S/		S/														
Aprobado por: Ing. de producción				Fecha: 10/10/2022		TOTAL		14		12		2										
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES				Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	Símb.	t	DESCRIPCIÓN			
Se recepciona los materiales en el área de producción						5	X	5												Materiales: planchas metálicas en crudo		
Se recepciona los insumos en el área de producción						5	X	5												Insumos: varillas de soldadura y aleaciones de metal		
Se inspeccionan lo materiales e insumos para la producción						10			X	10										Se realiza la conformidad de la calidad y cantidades		
Se realiza el trazado de las planchas metálicas						20													X	20	Según medidas del requerimiento del cliente	
Se cortan las planchas según las medidas del trazado						25	X	25													-	
Se realiza el plegado de las planchas metálicas						35	X	35													El material se dobla en frío	
Las planchas plegadas son roladas para su procesamiento						40	X	40													Se dobla el material en forma circular	
Se realiza el control de calidad del producto resultante						20													X	20	Cumplimiento de requisitos: resistencia, meleabilidad	
Se etiquetan los productos						10	X	10													-	
Se empaca el producto para la recepción						10	X	10													-	
Se almacena el producto terminado						12													X	12	-	
Entrega al cliente						10	X	10													-	
TOTAL					0	202	8	140	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	2	40

Figura 09. Análisis del proceso de transformación de planchas (DAP 2).

Del DAP anterior se determina que el proceso abarca 12 actividades, de las cuales 8 de estas son operaciones, 1 actividad de inspección, 1 de almacenamiento y 2 combinadas, las cuales representan un tiempo total de 202 minutos (3.37 horas) por cada 400 unidades producidas.

$$Av = (\sum TAv / \sum Tt) \times 100\%$$

$$Av = (190 \text{ minutos} / 202 \text{ minutos}) \times 100\%$$

$$Av = 0.941 \times 100\%$$

$$Av = 94.1\%$$

Se interpreta que una vez el método ha sido estandarizado, el 94.1% del tiempo total del ciclo de trabajo representa tiempo que genera valor al proceso de transformación de planchas metálicas.

Estudio de tiempos

Se realizó la medición de los tiempos de cada una de las actividades del proceso para establecer los tiempos estándares de cada una de ellas y del proceso en sí. Para ello se llevó a cabo la toma de tiempos (TO), la calificación del trabajo de cada operario (Fc) en base al sistema Westinghouse y la estimación de los suplementos de trabajo (S) según la OIT. Los factores Fc y S se presenta en los anexos 6 y 7.

Tabla 5. Medición de tiempos normales (TO).

		OBSERVACIONES (minutos)										
PROCESO		Transformación de planchas metálicas										
EMPRESA		Rodal Ingenieros S.A.C.										
N°	ACTIVIDADES	N° Observaciones										\bar{x} (TO)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Se recepciona los materiales en el área de producción	5	5	4	6	5	4	5	5	5	5	4.9
2	Se recepciona los insumos en el área de producción	5	5	5	5	4	4	6	5	5	6	5.0
3	Se inspeccionan los materiales e insumos para la producción	10	10	11	10	11	10	11	10	10	10	10.3
4	Se realiza el trazado de las planchas metálicas	20	20	20	20	19	20	19	21	20	20	19.9
5	Se cortan las planchas según las medidas del trazado	25	25	24	24	25	25	25	24	24	25	24.6
6	Se realiza el plegado de las planchas metálicas	35	35	36	36	35	33	33	34	33	35	34.5
7	Las planchas plegadas son roladas para su procesamiento	40	39	39	39	40	40	39	40	40	40	39.6
8	Se realiza el control de calidad del producto resultante	20	21	21	20	20	19	20	19	20	20	20.0
9	Se etiquetan los productos	10	9	9	10	9	10	10	9	10	9	9.5
10	Se empaqueta el producto para la recepción	10	9	10	10	11	10	9	9	9	10	9.7
11	Se almacena el producto terminado	12	12	11	12	11	12	12	12	11	12	11.7
TOTAL												189.7

Fuente: Autoría propia.

En la tabla 5 se llevó a cabo el cálculo de los tiempos observados de cada una de las actividades, determinando un total de 189.7 minutos (3.17 horas) como tiempo de ciclo del proceso para la fabricación de 400 unidades.

Tabla 6. Factores de calificación de los trabajadores (Fc).

FACTOR DE DESEMPEÑO LABORAL (Fc)						
PROCESO		Transformación de planchas metálicas				
EMPRESA		Rodal Ingenieros S.A.C.				
N°	ACTIVIDADES	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Fc
1	Se recepciona los materiales en el área de producción	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0	0.18
2	Se recepciona los insumos en el área de producción	B2 0.1	B1 0.08	C 0	D 0.02	0.20
3	Se inspeccionan los materiales e insumos para la producción	B2 0.08	B1 0.02	C 0	D 0	0.10
4	Se realiza el trazado de las planchas metálicas	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0.01	0.19
5	Se cortan las planchas según las medidas del trazado	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0	0.18
6	Se realiza el plegado de las planchas metálicas	B2 0.09	B1 0.1	C 0	D 0.01	0.20
7	Las planchas plegadas son roladas para su procesamiento	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0	0.18
8	Se realiza el control de calidad del producto resultante	B2 0.11	B1 0.1	C 0	D 0.02	0.23
9	Se etiquetan los productos	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0	0.18
10	Se empaca el producto para la recepción	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0	0.18
11	Se almacena el producto terminado	B2 0.08	B1 0.1	C 0	D 0	0.18
TOTAL						0.18

Fuente: Autoría propia.

El factor de desempeño se estableció para cada una de las actividades del proceso, esto en base tanto a cuánta habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia demanda cada actividad del proceso. En el anexo 6 se presenta la leyenda de cada uno de los factores determinados para cada actividad.

Tabla 7. Suplementos del trabajo (S).

N°	ACTIVIDADES	SUPLEMENTOS DE TRABAJO												(S)
		NP	BF	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Se recepciona los materiales en el área de producción	5%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	14%
2	Se recepciona los insumos en el área de producción	5%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	14%
3	Se inspeccionan los materiales e insumos para la producción	5%	4%	2%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	15%
4	Se realiza el trazado de las planchas metálicas	5%	4%	2%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	16%
5	Se cortan las planchas según las medidas del trazado	5%	4%	2%	2%	0%	0%	0%	2%	2%	1%	0%	0%	18%
6	Se realiza el plegado de las planchas metálicas	5%	4%	2%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	16%
7	Las planchas plegadas son roladas para su procesamiento	5%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	1%	0%	0%	16%
8	Se realiza el control de calidad del producto resultante	5%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	14%
9	Se etiquetan los productos	5%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	14%
10	Se empaqueta el producto para la recepción	5%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	14%
11	Se almacena el producto terminado	5%	4%	2%	2%	1%	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	17%

Fuente: Autoría propia.

Los suplementos del trabajo, en base a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) se establecieron en base a las diversas necesidades personales y demás factores que condicionan las labores de los trabajadores.

En el anexo 7 se presenta la leyenda de cada uno de los tipos de suplementos determinados para cada actividad del proceso.

Tabla 8. Tiempos estándares del proceso (Ts).

N°	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES (minutos)										\bar{x} (TO)	Fc	TN	S	Ts	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1	Se receptiona los materiales en el área de producción	5	5	4	6	5	4	5	5	5	5	4.9	18%	5.79	14%	6.60	
2	Se receptiona los insumos en el área de producción	5	5	5	5	4	4	6	5	5	6	5.0	18%	5.91	14%	6.74	
3	Se inspeccionan lo materiales e insumos para la producción	10	10	11	10	11	10	11	10	10	10	10.3	18%	12.17	15%	14.00	
4	Se realiza el trazado de las planchas metálicas	20	20	20	20	19	20	19	21	20	20	19.9	18%	23.52	16%	27.28	
5	Se cortan las planchas según las medidas del trazado	25	25	24	24	25	25	25	24	24	25	24.6	18%	29.07	18%	34.31	
6	Se realiza el plegado de las planchas metálicas	35	35	36	36	35	33	33	34	33	35	34.5	18%	40.77	16%	47.30	
7	Las planchas plegadas son roladas para su procesamiento	40	39	39	39	40	40	39	40	40	40	39.6	18%	46.80	16%	54.29	
8	Se realiza el control de calidad del producto resultante	20	21	21	20	20	19	20	19	20	20	20.0	18%	23.64	14%	26.95	
9	Se etiquetan los productos	10	9	9	10	9	10	10	9	10	9	9.5	18%	11.23	14%	12.80	
10	Se empaca el producto para la recepción	10	9	10	10	11	10	9	9	9	10	9.7	18%	11.46	14%	13.07	
11	Se almacena el producto terminado	12	12	11	12	11	12	12	12	11	12	11.7	18%	13.83	17%	16.18	
															Ts (minutos)		259.50

Fuente: Autoría propia.

Se determinó el tiempo estándar considerando tanto el tiempo normal (T), el factor de calificación (Fc) y los suplementos de trabajo (S), estableciendo así un tiempo estándar del proceso de 259.50 minutos, equivalentes a 4.33 horas por cada 400 unidades producidas.

Resumen: Este objetivo concluye que se mejoró y estandarizó el nuevo el método de trabajo del proceso, el cual ahora presenta un IAV del 94.1%, además que se logró estandarizar los tiempos del proceso, el cual asciende a 260 minutos (4,34 horas).

Objetivo específico 4: Cálculo de los nuevos indicadores de productividad.

Tabla 9. Eficiencia post aplicación.

PERIODO 2022		Eficiencia	
SEMANA	horas hombre de trabajo	total horas hombre asignadas	horas hombre de trabajo/total de horas hombre
Sem. 1 Sep	630	672	0.94
Sem. 2 Sep	655	672	0.98
Sem. 3 Sep	630	672	0.94
Sem. 4 Sep	638	672	0.95
Sem. 5 Oct	672	672	1.00
Sem. 6 Oct	664	672	0.99
Sem. 7 Oct	664	672	0.99
Sem. 8 Oct	664	672	0.99
Sem. 9 Nov	664	672	0.99
Sem. 10 Nov	664	672	0.99
Sem. 11 Nov	664	672	0.99
Sem. 12 Nov	664	672	0.99
			0.98

Fuente: Autoría propia.

Se logró determinar una eficiencia promedio del 98% semanal, lo que indica que por cada 1 hora de trabajo asignada sólo se emplea 0.98 horas para las labores durante los meses de septiembre a noviembre de 2022.

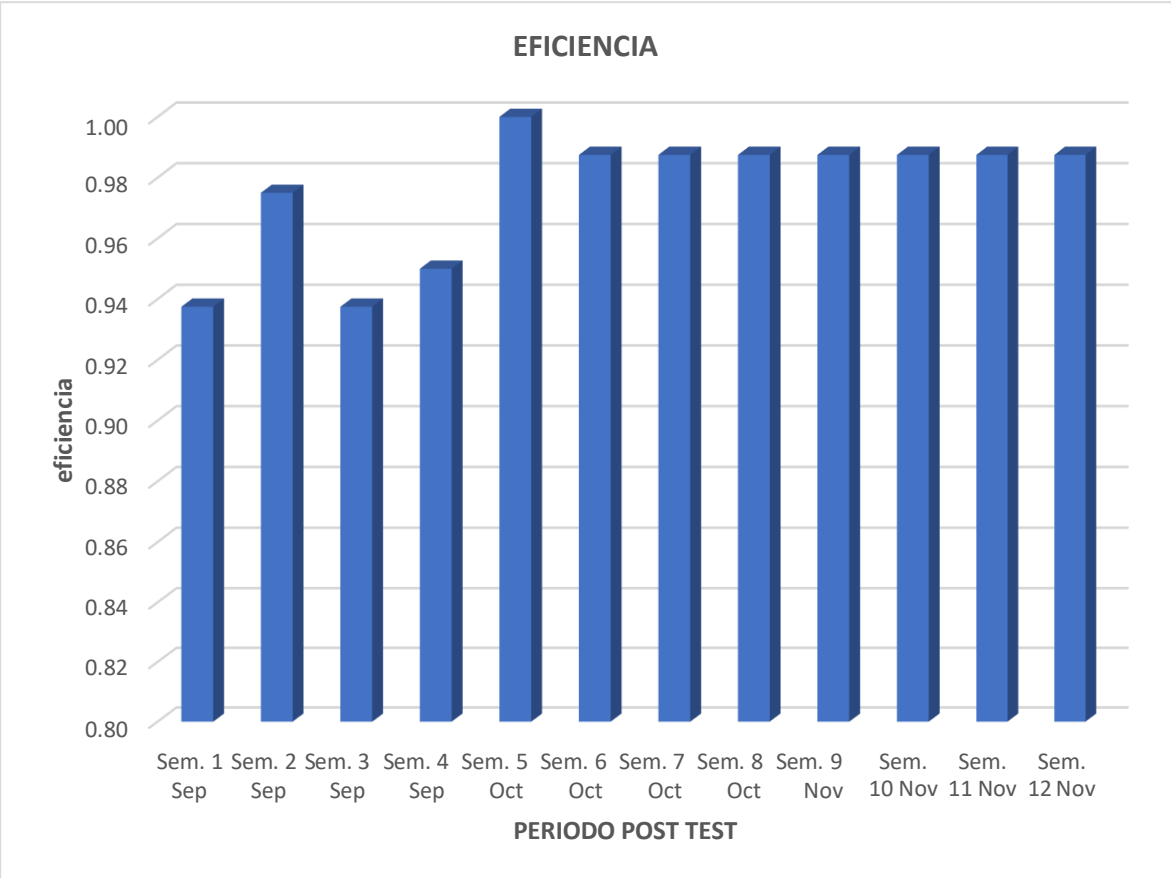


Figura 10. Eficiencia del proceso en la etapa post aplicación.

Se puede apreciar el comportamiento de los resultados obtenidos de la eficiencia del proceso durante la etapa de post aplicación, donde la eficiencia más alta de este periodo fue en la semana 5 con el 100%; mientras que uno de los resultados más bajos fue en la semana 3 del mes de septiembre con el 94% de eficiencia.

Tabla 10. Eficacia inicial del proceso.

PERIODO 2022		Eficacia	
SEMANA	unidades producidas (planchas)	horas hombre de trabajo	unidades producidas/horas hombre de trabajo
Sem. 1 Sep	2280	630	3.62
Sem. 2 Sep	2340	655	3.57
Sem. 3 Sep	2400	630	3.81
Sem. 4 Sep	2340	638	3.67
Sem. 5 Oct	2400	672	3.57
Sem. 6 Oct	2280	664	3.44
Sem. 7 Oct	2400	664	3.62
Sem. 8 Oct	2460	664	3.71
Sem. 9 Nov	2400	664	3.62
Sem. 10 Nov	2460	664	3.71
Sem. 11 Nov	2490	664	3.75
Sem. 12 Nov	2490	664	3.75
			3.65

Fuente: Autoría propia.

Se determinó una eficacia promedio semanal de 3.65 planchas producidas por cada hora hombre trabajada durante el periodo de post aplicación correspondiente a los meses de septiembre a noviembre de 2022.

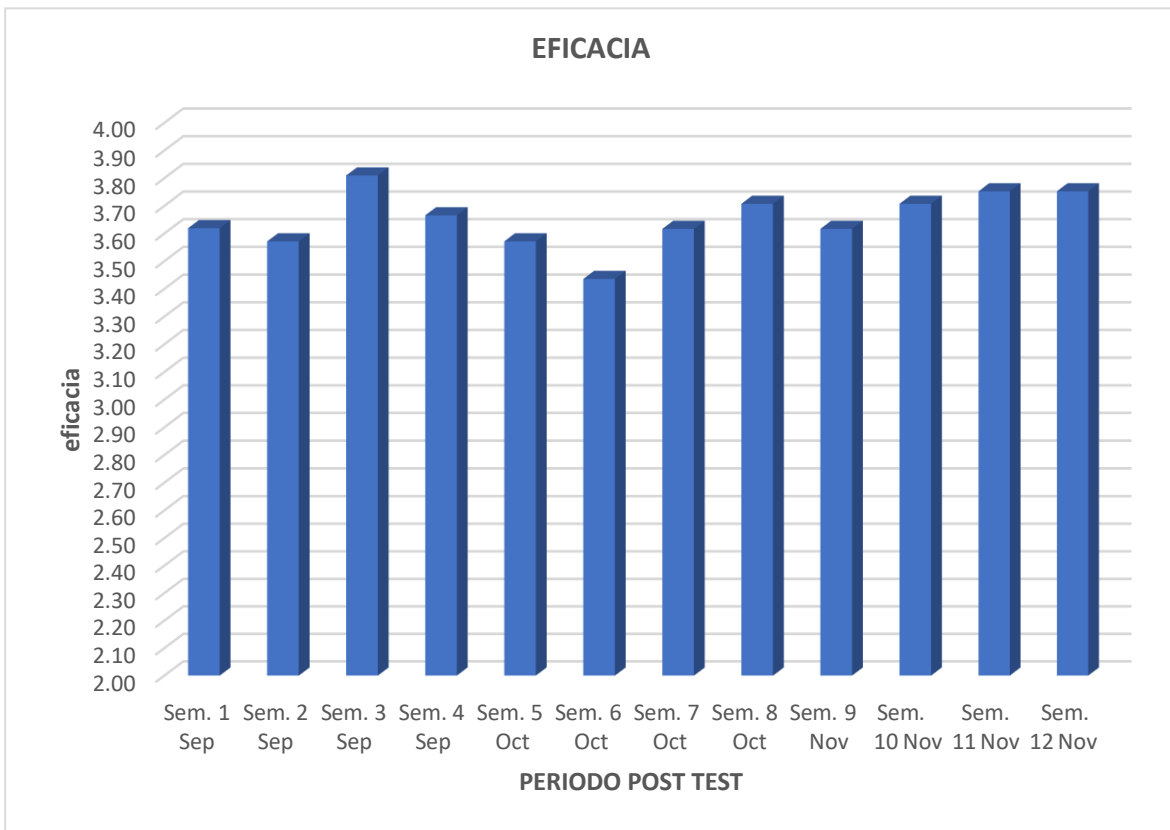


Figura 11. Eficacia del proceso en la etapa post test.

En la gráfica anterior puede apreciar la tendencia de los resultados obtenidos de la eficacia del proceso durante la etapa de post aplicación, donde el resultado más alto de este periodo fue en la semana 3 del mes de septiembre con 3.81 unidades producidas por cada hora hombre trabajada; mientras que el resultado más bajo fue en la semana 6 del mes de octubre con 3.44 unidades producidas por cada hora hombre trabajada.

Tabla 11. Productividad del proceso luego de la aplicación.

PERIODO 2022		Productividad	
SEMANA	unidades producidas (planchas)	total horas hombre asignadas	unidades producidas/total de horas hombre
Sem. 1 Sep	2280	672	3.39
Sem. 2 Sep	2340	672	3.48
Sem. 3 Sep	2400	672	3.57
Sem. 4 Sep	2340	672	3.48
Sem. 5 Oct	2400	672	3.57
Sem. 6 Oct	2280	672	3.39
Sem. 7 Oct	2400	672	3.57
Sem. 8 Oct	2460	672	3.66
Sem. 9 Nov	2400	672	3.57
Sem. 10 Nov	2460	672	3.66
Sem. 11 Nov	2490	672	3.71
Sem. 12 Nov	2490	672	3.71
			3.56

Fuente: Autoría propia.

Se logró determinar una productividad promedio de 3.56 unidades producidas por cada hora hombre de trabajo asignada a la semana durante el periodo de post aplicación.

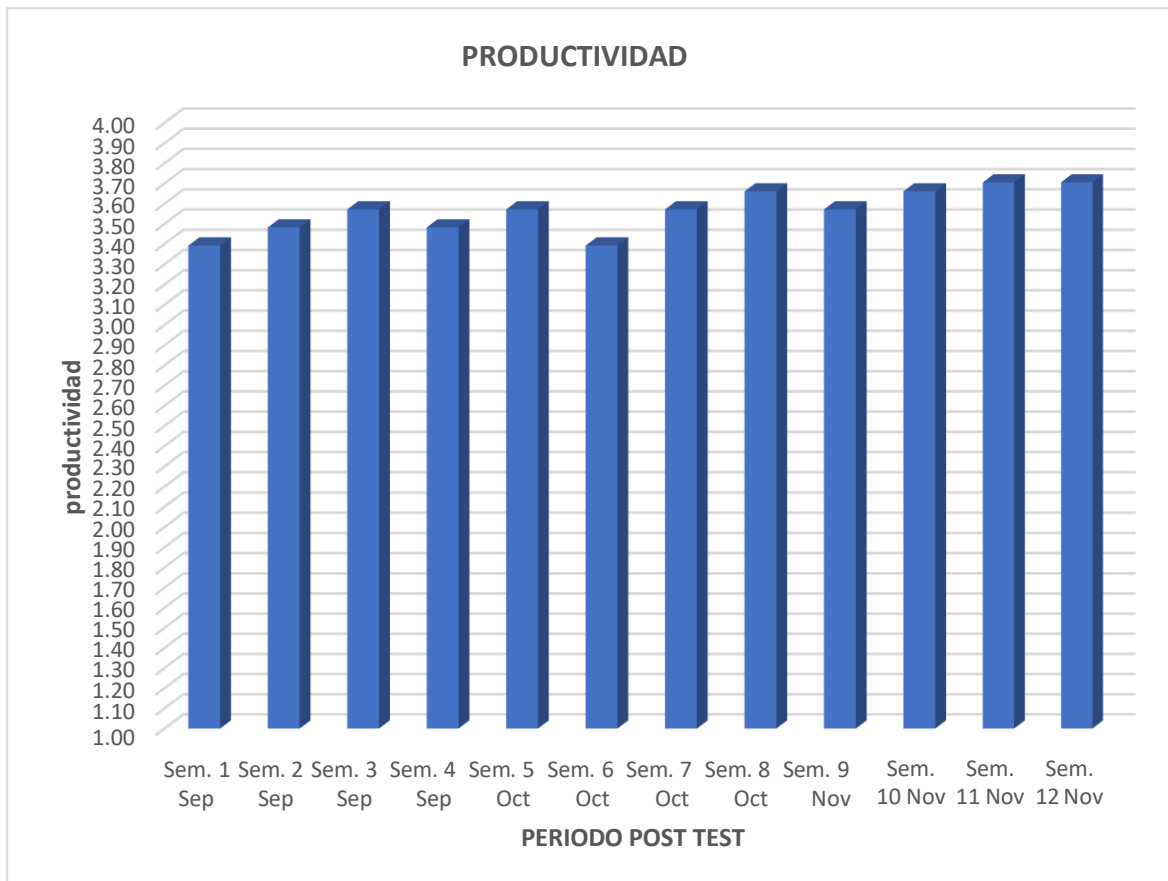


Figura 12. Productividad del proceso en la etapa de post test.

Se detalla el comportamiento de la productividad obtenida en la compañía, donde se proyectó que uno de los periodos con el mayor índice de productividad fue la semana 11 del mes de noviembre con 3.71 unid. / hora hombre de trabajo asignada, mientras que en la semana 6 del mes de octubre se proyectó el periodo con el menor resultado de productividad con 3.39 unid. / hora hombre de trabajo asignada.

Tabla 12. Comparación de los resultados obtenidos.

Resultados obtenidos antes y después de la aplicación Lean			
Eficiencia	Eficacia	Productividad	PERIODO
0.77	3.47	2.64	PRE TEST
0.98	3.65	3.56	POST TEST
		34.9%	Variación (%)

Fuente: Autoría propia.

La productividad de la compañía tuvo un incremento del 34.9% luego de la aplicación de la ingeniería de métodos.

Resumen: Este objetivo estableció una eficiencia de 0.98, una eficacia de 3.65 unidades/hora hombre trabajada y una productividad de 3.56 unidades/hora hombre de trabajo asignada a la semana en promedio respectivamente.

Prueba estadística de la hipótesis de investigación.

Prueba de normalidad: Shapiro Wilk ($n < 35$)

H₁: Los datos de productividad siguen un comportamiento normal.

H₂: Los datos de productividad no siguen un comportamiento normal.

Si $p > 0.050$ se aprueba H₁.

Si $p < 0.050$ se aprueba H₂.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
diferencia	,231	12	,076	,885	12	,102

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 13. Prueba de normalidad de los datos.

Fuente: SPSS v.25.

Los datos de productividad siguen un comportamiento normal ($p = 0.102$), el cual es menor que 0.050 por lo que se empleó la prueba paramétrica T-Student para la contrastación de la hipótesis.

Prueba de hipótesis: Prueba paramétrica T-Student.

H₁: La aplicación de la ingeniería de métodos aumenta la productividad del proceso de transformación de planchas metálicas.

H₀: La aplicación de la ingeniería de métodos aumenta la productividad del proceso de transformación de planchas metálicas.

Si $p < 0.050$ se aprueba H₁.

Si $p > 0.050$ se aprueba H₀.

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	pre_test	2,6417	12	,16824	,04857
	post_test	3,5633	12	,11114	,03208

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	pre_test & post_test	12	-,355	,257

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	pre_test - post_test	-,92167	,23226	,06705	-1,06923	-,77410	-13,747	11	,000

Figura 14. Prueba paramétrica T-Student.

Fuente: SPSS v.25.

Se acepta la hipótesis alternativa (H₁), en base a que $p = 0.000$ ($p < 0.050$), concluyendo que la aplicación de la ingeniería de métodos aumenta la productividad del proceso de transformación de planchas metálicas.

V. DISCUSIÓN

En el análisis inicial del método de trabajo llevado a cabo en la entidad se logró describir y conocer el proceso productivo de transformación de planchas metálicas por medio de un DOP, dicho proceso tiene un tiempo de ciclo de 210 minutos (3.5 horas) por cada 400 unidades producidas. Este método de trabajo se analizó en un DAP, el cual determinó que sólo el 81.6% del tiempo total de trabajo representa tiempo que genera valor al proceso. Así mismo se establecieron, por medio del diagrama de Ishikawa y estudio de Pareto, las causas principales que impactaban en la productividad de la entidad donde se determinó que el proceso sin estandarizar, la ausencia de mejoras del método, tiempos no estandarizados, y la poca gestión de indicadores eran las principales causas que impactaban de forma negativa en la productividad de la empresa.

Los hallazgos de esta investigación son semejantes y discuten en resultados al estudio de Lliquin Mosquera, y otros (2018), quienes durante su estudio previo y diagnóstico pudieron registrar el proceso en un flujograma para su comprensión, además de que luego de analizar el proceso registrado se determinó un IAV equivalente al 85%. También, Dussan Cartagena (2017) realizó una evaluación inicial del proceso actual que se realizaba en la entidad en estudio, donde producto del diagnóstico recogido se reflejó el proceso en un DOP, el cual (proceso) se analizó en un DAP y estableció un IAV del 90%.

Se determinaron los indicadores iniciales de productividad luego de haberse efectuado el análisis inicial, donde se obtuvo una eficiencia de 0.77 en promedio semanal, una eficacia de 3.47 unidades/hora hombre trabajada a la semana en promedio, lo cual resultó en una productividad equivalente a 2.64 unidades/hora hombre de trabajo asignada en promedio semanal.

Estos resultados se asemejan a las evidencias encontradas en la investigación de Choez Galarza (2008), quien luego del diagnóstico realizado encontró una productividad de 12.64 unidades/hora hombre de trabajo, producto de una eficiencia y eficacia de 0.95 y 15.64 unidades/hora hombre de trabajo respectivamente.

Por su parte Pujaico Lizarbe (2019) llegaron a obtener indicadores de eficiencia ascendente a 0.90, una eficacia de 2.45 unidades/hora hombre de trabajo y una

productividad de 2.21 unidades/hora hombre de trabajo.

Se discuten los resultados encontrados en otros estudios, que al igual que en este trabajo, donde se llevaron a cabo análisis iniciales del método de trabajo y diagnósticos previos para establecer las causas del problema, así como el nivel de productividad antes de la aplicación de las mejoras en el proceso.

Los resultados encontrados encuentran su fundamento teórico en la teoría y enfoques científicos como Galindo (2018), quien define productividad como un indicador que mide los resultados alcanzados y los recursos totales empleados para tal logro en un tiempo y espacio determinado.

Del mismo modo se interpreta la productividad como la capacidad que se tiene para conseguir más, pero sin afectar o incrementar los recursos con los que se cuenta, sea este para la ejecución de un servicio.

La investigación se desarrolló en la compañía Rodal Ingenieros S.A.C. con el objeto de aplicar la ingeniería de métodos en el área de transformación de planchas metálicas para aumentar la productividad en la empresa.

La aplicación de la ingeniería de métodos se realizó en primera instancia con la mejora del método inicial del proceso productivo con el objeto de poder estandarizarlo, para lo cual se rediseñó dicho proceso en un DOP, el cual constó de 10 operaciones; el proceso se analizó en un DAP alcanzando de este modo un IAV de 94.1%, haciendo referencia a que el 94.1% del tiempo total del ciclo de trabajo representa tiempo que genera valor al proceso. En segunda instancia se llevó a cabo el estudio de los tiempos de cada una de las actividades del proceso, donde se logró establecer un tiempo estándar de 260.06 minutos, equivalentes a 4.34 horas por cada 400 unidades producidas, bajo el método ya estandarizado.

En la investigación de Castro Sanchez y otros (2022) se logró aplicar la ingeniería de métodos bajo un procedimiento similar al de este trabajo, donde se propusieron las mejoras correspondientes al proceso de fabricación de estructuras y se logró estandarizar y documentar por medio de un DOP de conocimiento horizontal para todos los colaboradores del área. También se estudiaron cada uno de los tiempos

que involucró el proceso, estableciendo de este modo un tiempo estándar de 134.5 minutos por cada lote de producción lograda.

También Velasco Bustamante (2017) desarrollaron las mejoras del proceso de elaboración de viguetas de acero por medio del estudio y mejora del método de trabajo, el cual se estandarizó en un documento para su alcance a todos los miembros integrantes del proceso. Del mismo modo se pudo estandarizar el tiempo del proceso por medio del estudio de tiempos de las operaciones, dicho tiempo estándar fue equivalente a 234 minutos por cada lote de producción.

Dentro de los enfoques teóricos que respaldan la aplicación de la ingeniería de métodos, Algotitmo (2015) menciona que el estudio de métodos permite determinar las formas, recursos y esfuerzos necesarios para poner en práctica los diferentes tipos de operaciones, obteniendo en tiempo real el conocimiento de las deficiencias y necesidades de modificación en la designación de la labor analizada a fin de lograr las metas fijadas.

También Revista de Operaciones Tecnológicas (2017) describe el tiempo estándar como el tiempo ocupado por un colaborador, para efectuar una tarea en condiciones normales de operación a un ritmo normal de trabajo conociendo que elementos participan en la tarea.

Finalmente, y luego de haberse efectuado la mejora de métodos, los investigadores determinaron los nuevos indicadores de productividad de la empresa donde la eficiencia del proceso fue de 0.98 en promedio semanal, la eficacia alcanzó un indicador de 3.65 unidades/hora hombre trabajada en promedio semanal, resultado así en una productividad de 3.56 unidades/hora hombre de trabajo asignada a la semana en promedio.

Estos resultados evidenciados se relacionan en similitud con los hallazgos de Tanta Maiqui, y otros (2021), quienes determinaron una productividad de 9.45 unidades/hora hombre de trabajo, producto de una eficiencia y eficacia de 0.96 y 9.12 unidades/hora hombre de trabajo respectivamente.

Del mismo modo Torres Bravo (2017) logró una eficiencia del proceso ascendente

a 0.97, una eficacia de 4.56 unidades/hora hombre de trabajo y una productividad de 4.45 unidades/hora hombre de trabajo.

La productividad, como variable dependiente de este trabajo, según Galindo (2018) es un indicador que mide los resultados alcanzados y los recursos totales empleados para tal logro en un tiempo y espacio determinado.

Además, la productividad también representa la capacidad que se tiene para conseguir más, pero sin afectar o incrementar los recursos con los que se cuenta, sea este para la ejecución de un servicio.

Se resuelve que por medio de la aplicación de la ingeniería de métodos se logró aumentar la productividad de la entidad, iniciando con un indicador de productividad de 2.64 unidades/hora hombre de trabajo asignada y luego de la aplicación, este indicador ascendió a 3.56 unidades/hora hombre de trabajo asignada, evidenciando un aumento y mejora del 34.9% de la productividad.

En la aplicación de mejora de métodos del estudio de Osorio Rivas y otros (2020), también se alcanzaron resultados semejantes a los de este trabajo, donde se logró mejorar la productividad en un 23%.

Además, en el estudio de Tantalean Espinoza (2020) se pudo aumentar en un 18% la productividad de la organización en estudio.

La ingeniería de métodos, según Duran (2007), es una herramienta principal de la ingeniería industrial, para el análisis de los diferentes tipos de procesos que evalúa esta carrera su principal problema es el de integrar al ser humano en el proceso productivo.

La hipótesis de esta investigación se contrastó por medio de la prueba paramétrica de T-Student el cual alcanzó una significancia de 0.000 ($p < 0.050$), lo que conllevó a aceptar la hipótesis de investigación, reafirmando que la aplicación de ingeniería de métodos aumenta la productividad de la entidad.

VI. CONCLUSIONES

1. El análisis inicial de la entidad permitió describir y conocer el proceso de transformación de planchas metálicas, el cual se registró en un DOP donde dicho proceso tuvo un tiempo de ciclo de 210 minutos (3.5 horas) por cada 400 unidades producidas y alcanzó un IAV de 81.6% mediante el análisis del proceso. Así mismo se determinó que el proceso sin estandarizar, la ausencia de mejoras del método, tiempos no estandarizados, y la poca gestión de indicadores eran las principales causas que impactaban de forma negativa en la productividad de la empresa.
2. Los indicadores iniciales de productividad de la compañía reflejaron una eficiencia de 0.77 en promedio semanal, una eficacia de 3.47 unidades/hora hombre trabajada a la semana en promedio, lo cual resultó en una productividad equivalente a 2.64 unidades/hora hombre de trabajo asignada en promedio semanal.
3. La aplicación de la ingeniería de métodos se realizó en dos (2) fases: se estudió el método de trabajo inicial y se propusieron las mejoras del proceso, las cuales se registraron y documentaron en un DOP, el cual se analizó en un DAP estableciendo un IAV de 94.1%; siendo esta fase donde los investigadores estandarizaron el nuevo método de trabajo a llevar a cabo en la empresa. Con respecto a la segunda fase, se llevó a cabo el estudio de los tiempos de cada una de las actividades del proceso, donde se logró establecer un tiempo estándar de 260.06 minutos, equivalentes a 4.34 horas.
4. Los nuevos indicadores de productividad reflejaron una eficiencia de 0.98 en promedio semanal, una eficacia de 3.65 unidades/hora hombre trabajada en promedio semanal y una productividad de 3.56 unidades/hora hombre de trabajo asignada a la semana en promedio.
5. La aplicación de la ingeniería de métodos se logró aumentar la productividad de la entidad en un 34.9% en relación a los resultados obtenidos en el análisis inicial.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en otros estudios se realicen estudio más detallados del proceso y del método inicial con el que se desarrollan las actividades para de este modo obtener se mejore y subsane cualquier deficiencia que presente el estudio de métodos de esta investigación y para que, además los resultados tengan un efecto positivo frente a la solución de problemas en otras entidades de igual o diferente sector económico.

Se sugiere que la compañía metalmecánica siga adoptando la propuesta de mejora de esta investigación, poniendo sus esfuerzos en la mejora continua del proceso para alcanzar la optimización de los recursos y mejores resultados en su rentabilidad y productividad que promuevan el crecimiento y desarrollo empresarial.

La firma industrial (empresa) deberá de considerar el estudio de otros eventuales problemas que el proceso pueda acontecer y que también impacten de manera negativa en la productividad, promoviendo el análisis continuo del trabajo desarrollados por el talento humano y así alcanzar un mejor control sobre los recursos que involucra la cadena de valor.

Los investigadores cercanos deben considerar trabajar con una muestra de análisis mucho más amplia (data e información sobre el proceso) para de así los resultados alcanzados sean más confiables y cercanos a la realidad, alcanzando indicadores de gestión productiva mucho mas fiables y certeros.

Los investigadores deben de considerar de suma importancia, para todo diagnóstico y evaluación, el uso de herramientas de calidad necesarias para llevar a cabo un estudio mucho más completo, verás y cercano a la realidad sobre la problemática que acontecen las diversas empresas que se han de evaluar.

REFERENCIAS

Adauto Aguilar, Yessenia Pamela. 2015. *Análisis y rediseño del método de trabajo para el incremento de la productividad en el proceso de mantenimiento de pallets de una planta industrial.* Lima, Peru : s.n., 2015.

Algoritmo para el cálculo de cargas de trabajo. **Becerra Fernandez, Mauricio, y otros. 2015.** 35-50, Colombia : s.n., 2015, Vol. 1. 0717-9103.

BAYONA, XAVIER RENE MAGAÑA. 2019. *PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS COMO ESTRATEGIA DE OPERACIONES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PANADERÍA.* Tabasco : s.n., 2019.

Carro Paz, Roberto y Gonzales Gomez, Daniel. 2012. *Productividad y Competitividad.* Mar del Plata - Argentina : Facultad de Ciencias Economicas y Sociales, 2012.

Caso Neyra, Alfredo. 2010. *Tecnicas de medicion del trabajo.* España : Fundacion Confemetal, 2010.

Castro Sanchez, Carlos Alberto y Navarro Carmen, Sergio David. 2022. *Propuesta de aplicación de ingeniería de métodos para mejorar la.* Piura : s.n., 2022.

Choez Galarza, Willian Cipriano. 2008. *Mejoramiento de la Eficiencia en el Proceso de Corte de Laminas de Acero en MABE-ECUADOR S.A.* Guayaquil - Ecuador : s.n., 2008.

Colque Gutierrez, Limbert. 2020. *El diagrama de Flujos de Datos en el Fortalecimiento del Razonamiento Logico Matematico.* La Paz - Bolivia : s.n., 2020.

Duran, Freddy Alonso. 2007. *Globalizacion: técnicas para el manejo eficiente de recursos en organizaciones fabriles de servicios y hospitalarias.* Guayaquil - Ecuador : s.n., 2007.

Dussan Cartagena, Yadira. 2017. *Estudio de Metodos y tiempos y/o fortalecer los procesos en el Area de producción de la empresa Confesiones Gregory - Ibague.* Colombia : s.n., 2017.

Fernandez Rios, Manuel y Sanchez, Jose. 1997. *Eficacia Organizacional.* Madrid : Diaz de Santos, S.A. , 1997. 84-7978-312-5.

Garcia Juarez, Hugo Daniel. 2016. *Aplicación de mejora de métodos de trabajo en la eficiencia de las operaciones en el área de recepción de una empresa esparraguera.* 2016.

Hernandez Mendoza, Sandra Luz y Duana Avila, Danae. 2020. *Tecnicas y Recolección de Datos.* Mexico : s.n., 2020. 2007-4913.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernández collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2010. *Metodología de la Investigación.* Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2010. 978-970-10-5753-7.

Hitoshi Kume. 2002. *Herramientas Basicas para el Mejoramiento de la Calidad.* Bogota : Editorial Norma, 2002. 958-04-6719-6.

Lira Briceño, Paul. 2009. *Finanzas y Financiamiento.* Peru : Media Corp Peru/ USAID / PERU/ MYPE COMPETITIVA, 2009.

Lliquin Mosquera, Luis Fransisco y Tercero Calo, Edinson Fredy. 2018. *Estudio y Análisis para Mejorar la Productividad en el área de granallado metalico de planchas y perfiles de acero en la empresa SEDEMI SCC.* Lacatunga - Ecuador : s.n., 2018.

Lozada, Jose. 2014. *Investigación Aplicada.* 2014. 1390-9592.

Magaña, Xavier Rene y Bayona. 2019. *Propuesta de rediseño de procesos como estrategia de operaciones para mejorar la productividad de una panaderia.* 2019.

Mesa Grajales , Dairo, Ortiz Sánchez , Yesid y Pinzon, Manuel. 2006. *Scientia et Technica año XII.* Colombia : s.n., 2006. 0122-1701.

Metodología de la Investigación.

Nole Farfan, Alexis Esteban. 2017. *Aplicación de la metodología Smed para incrementar la productividad en los cambios de formato de la llenadora Csd en la empresa Backus y Johnston.* Ate, Lima : s.n., 2017.

Osorio Rivas , Vania Brigith y Velesquez Velazco, Harold Jhordy. 2020. *Implementación de Ingeniería de Metodos para mejorar la productividad de la empresa Teamol SAC de Ate, 2020.* Lima - peru : s.n., 2020.

P. Groover, Mikell. 2007. *Fundamentos de la Manufactura Moderna.* Mexico : McGraw - Hill Interamericana, 2007. ISBN 10: 970-10-6240-X.

Palacios Acero, Luis Carlos. 2015. *Ingeniería de Metodos Movimientos y tiempos.* Madrid España : Ecoe Ediciones, 2015.

Pujaico Lizarbe, Benjamin Joel. 2019. *Aplicación de la Ingeniería de metodos para mejorar la productividad en el area de producción en la empresa Digital Electric - San Juan de miraflores, Lima 2019.* Lima : s.n., 2019.

Quintero , George y Ramon, Sergio. 2021. *Eficacia, efectividad, eficiencia y equidad en relación con la calidad en los servicios de salud.* 2021.

Revista de Operaciones Tecnológicas. **Alegandrina, Antonio Antonio, y otros. 2017.** 31 - 43, Altamira - Mexico : s.n., 2017, Vol. 1. 2523-6806.

Tanta Maiqui, Luis Angel y Yerca Llasaca, Ronald Alejandro. 2021. *Aplicación de la ingeniería de métodos en el área de moldeo para aumentar la productividad en una empresa metalmeccanica.* Lima : s.n., 2021.

Tantalean Espinoza, Nixon Giovanni. 2020. *Aplicación del estudio del trabajo y su efecto en la productividad de la empresa metalmeccánica Hle Fabricaciones E.I.R.L. Guadalupe, 2020.* Guadalupe - Peru : s.n., 2020.

Torres Bravo, Rolando Rober. 2017. *Aplicación de la Ingeniería de Metodos para la Mejora de la Productividad En el Proceso de Armado de Viga de Tolvas en la*

Empresa Industrias Metalicas Alyer S.R.L. San Martin de Porres Lima 2017. Lima : s.n., 2017.

Velasco Bustamante , Jhon. 2017. *Aplicación de la Ingeniería de Metodos en la Mejora del proceso de fabricación de Pallets de madera para incrementar la productividad de la empresa Manufacturas y procesos integrados E.I.R.L. Lima - Peru : s.n., 2017.*

Vides Polanco, Evis Ximena, Diaz Jimenez, Lauren Andrea y Gutierrez Rodriguez, Jorge Junior. 2017. *Analisis metodologico para la realización de estudio de metodos y tiempos.* Barranquilla Colombia : s.n., 2017.

Viedma Robles, Antonio y Zamora Parra, Blas. 1997. *Teoria de Maquinas Hidraulicas.* España : Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia, 1997. 84-7684-839-0.

YNFANTES RODRÍGUEZ, Erwin Nelson. *Aplicación Del Ciclo Phva Para Incrementar La Productividad Del Área De Panificación En Hipermercados Tottus SA Puente Piedra, 2017.*

POLANCO, Evis Ximena Vides; ANDREA, Lauren; GUTI, Jorge Junior. *Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos. Investigación y desarrollo en TIC, 2017, vol. 8, no 1, p. 3-10.*

BAUTISTA, Yolanda, et al. *Estudio de tiempos en una empresa metal-mecánica* Cuerpo Académico “Gestión de la Educación y la Producción”. *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-VI, 2014, p. 1.*

CALLO CCAHUANA, Paola Cristina. *Propuesta de mejora para aumentar la productividad, basado en un estudio de tiempos y determinación del tiempo estándar de la línea de producción de vidrio insulado en la corporación Vidrio Glass. 2017.*

RUIZ, José Agustín Cruelles. *Mejora de métodos y tiempos de fabricación.* Marcombo, 2012.

CRUZ ATI, Paulina Fernanda. *Satisfacción laboral y su incidencia en la productividad de Laboratorios LATURI CÍA. LTDA. 2017. Tesis de Maestría. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Maestría en Gerencia de Institución de Salud.*



ANEXOS



Anexo 1. Cuadro de operacionalización de variables.



VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Ingeniería de métodos	Análisis y estudios de los movimientos y tiempos, al conjunto de tareas efectuadas y aplicadas a instalaciones industriales o cualquier otro proceso donde intervenga el hombre. (Duran, 2007)	Ingeniería de métodos es la implicación de procesos útiles para la producción de productos tiempo posible y costo.	Estudio de métodos	$Av = (\Sigma TAv / \Sigma Tt) \times 100\%$ Av: Actividades que agregan valor. ΣTAv : Sumatoria de los tiempos de las actividades que agregan valor al trabajo. ΣTt : Sumatoria de tiempo total del proceso.	Razón
			Medición del trabajo	$TE = TN \times (1 + S)$ TE: tiempo estándar TN: tiempo normal S: suplementos	
Productividad	Capacidad de aumentar la producción usando los mismos recursos con que se tiene, realizando que el proceso productivo se ejecute a un costo más económico.	El orden de proceso productivo y la entrega de herramientas y mobiliario adecuado, reduce el tiempo del trazado y por ende se obtiene aumentar el cizallado, plegado, rolado, de planchas metálicas y perfiles.	Eficiencia	$E = \frac{\text{horas hombre de trabajo}}{\text{total de horas hombre asignadas}}$	Razón
			Eficacia	$Ef. = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{horas hombre de trabajo}}$	
			Productividad	$P = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{total de horas hombre asignadas}}$	

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.

		FORMATO TIEMPO ESTÁNDAR			
EMPRESA	RODAL INGENIEROS S.A.C.			HOJA N°	RODAL-001
OBSERVADO POR				FECHA	
TAREA	CIZALLADO DE PLACAS METÁLICAS			TÉCNICA	INICIO A CERO
INSTRUMENTO	CRONOMETRO			FORMULA	TS = TN/(1-S)
DESCRIPCIÓN DE TAREA	NUMERO DE TIEMPOS	TIEMPO OBSERVADO	SUPLEMENTO	TN = TO x 1	TS = TN/(1-S)
Ingreso unidad móvil con material	1		20%		
Almacenado de Material por espesor	1		20%		
Programación del servicio	1		20%		
Traslado de material a mesa de trabajo	1		20%		
Trazado de Material	1		20%		
Cizallado de Plancha Metálica	1		20%		
TOTAL					

		FORMATO DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO					
PROCESO:	PLEGADO DE PLANCHA METÁLICAS			ESPESOR	1.5 mm		
ÁREA:	TRANSFORMACIÓN DE PLANCHAS Y PERFILES			MAQUINA	GUILLOTINA - PLEGADORA		
MÉTODO:	ACTUAL			PROPUESTO			
COLABORADOR				FECHA			
DESCRIPCIÓN	 OPERACIÓN	 TRANSPORTE	 DEMORA	 INSPECCIÓN	 ALMACÉN	TIEMPO EN MINUTOS	TIPO DE ACTIVIDAD
Recepción de Plancha							
Programación de Tarea							
Traslado a mesa de trazado							
Trazado de Plancha metálica							
Cizallado							
Traslado a mesa de Plegado							
Plegado de plancha metálica							
Traslado a mesa de producto terminados							
RESUMEN							
MÉTODO	ACTUAL		PROPUESTO		OBSERVACIÓN		
Operaciones							
Transportes							
Esperas							
Inspección							
TOTALES							

 RODAL INGENIEROS S.A.C. <small>INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y ELECTRONICA</small>		FORMATO DE EFICIENCIA		 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
EMPRESA		RODAL INGENIEROS SAC		ESPESOR
OBSERVADOR				
DEPARTAMENTO		TRANSFORMACIÓN DE PLANCHAS Y PERFILES METÁLICOS		
PRODUCTO		ACANALADO DE PLANCHA		INDICADOR EFICIENCIA= (Tiempo utilizado) / (Tiempo programado) * 100%
MÉTODO		MEJORADO		
		ANTES		
N°	FECHA	TIEMPO UTILIZADO	TIEMPO PROGRAMADO	

 RODAL INGENIEROS S.A.C. <small>INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y ELECTRONICA</small>		FORMATO DE EFICACIA		 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
EMPRESA		RODAL INGENIEROS SAC		
OBSERVADOR				
DEPARTAMENTO		ÁREA DE TRANSFORMACIÓN DE PLANCHAS Y PERFILES		
PRODUCTO		ACANALADO DE PLANCHAS		INDICADOR EFICACIA= (unidades producidas real/ Unidades programadas) *100%
MÉTODO		MEJORADO		
		ANTES		
N°	FECHA	UNIDADES PRODUCIDAS REAL	UNIDADES PROGRAMADAS	

Anexo 6. Factor de calificación (Fc) según el Sistema Westinghouse.

2-El Sistema Westinghouse

El sistema de calificación Westinghouse, es de los métodos más completos y utilizados por la mayor parte de los analistas en los estudios de tiempos. En este método se utilizan cuatro factores para calificar al operario, a los cuales se les ha asignado un valor numérico a cada factor los cuales son:

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0.15	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

Tabla Westinghouse

Anexo 7. Determinación de los Suplementos (S) de trabajo.

SUPLEMENTOS DE LA OIT	
NP	Necesidades personales
BF	Básico por Fatiga
A	Trabajo de pie
B	Postura normal
C	Uso de la fuerza o energía
D	Iluminación
E	Condiciones atmosféricas
F	Tensión visual
G	Ruido
H	Tensión mental
I	Monotonía mental
J	Monotonía física

SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	5	7	e) Condiciones atmosféricas		
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)		
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER	16	0	
a) Trabajo de pie			14	0	
Trabajo se realiza sentado(a)	0	0	12	0	
Trabajo se realiza de pie	2	4	10	3	
b) Postura normal			8	10	
Ligeramente incómoda	0	1	6	21	
Incómoda (inclinación del cuerpo)	2	3	5	31	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)	7	7	4	45	
			3	64	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			2	100	
Peso levantado por kilogramo			f) Tensión visual		
2,5	0	1	Trabajos de cierta precisión	0	0
5	1	2	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
7,5	2	3	Trabajos de gran precisión	5	5
10	3	4	g) Ruido		
12,5	4	6	Sonido continuo	0	0
15	5	8	Sonidos intermitentes y fuertes	2	2
17,5	7	10	Sonidos intermitentes y muy fuertes	5	5
20	9	13	Sonidos estridentes	7	7
22,5	11	16	h) Tensión mental		
25	13	20 (máx)	Proceso algo complejo	1	1
30	17		Proceso complejo o de atención dividida	4	4
33,5	22		Proceso muy complejo	8	8
d) Iluminación			i) Monotonía mental		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo monótono	0	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo bastante monótono	1	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy monótono	4	4
			j) Monotonía física		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	2
			Trabajo muy aburrido	5	5

ANEXO 8. Validación de Instrumentos

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor:

Ing. Percy Ronald Rodríguez Miranda, Víctor Armas Carrera, Jimmy Rodrigo Alegría Carrera.

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería de la UCV, en la sede Chepén, promoción 2022 - II, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título profesional de Ingeniería Industrial.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: Aplicación de la ingeniería de método para aumentar la productividad en el área de transformación de planchas metálicas de la empresa Rodal Ingenieros S.A.C. Chepén, 2022 y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Firma

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

VARIABLE INDEPENDIENTE

Ingeniería de métodos

“Análisis y estudios de los movimientos y tiempos, al conjunto de tareas efectuadas y aplicadas a instalaciones industriales o cualquier otro proceso donde intervenga el hombre”. (Duran, 2007)

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1

Estudio de Método

“El estudio de métodos es una serie de técnicas que se utilizan para realizar el registro y el examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo. Donde se mejora las operaciones de las áreas que nos interesan. Estas técnicas funcionan en todos los ámbitos de la actividad humana. El estudio de método tiene como objetivos el eliminar o reducir los movimientos ineficientes del operario y acelerar u optimizar los movimientos eficientes de los operarios” (García Juárez, 2016)

Dimensión 2

Estudio de Tiempo

“El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida” (Caso Neyra, 2010)

Variable Dependiente

Productividad

“La productividad es una ratio que mide el grado de aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto; cuan mayor sea la productividad de nuestra empresa, menor serán los costes de producción y aumentará nuestra competitividad dentro del mercado; que mide la relación existente entre producción realizada y cantidad de factores o insumos empleados para poder conseguirlos”. (Nole Farfan, 2017)

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1

Eficiencia

Según (Fernandez Rios, y otros, 1997), nos mencionan que: “La eficiencia es el énfasis en los medios de hacer las cosas de la mejor manera, resolviendo los problemas, limitando los recursos, cumpliendo tareas y obligaciones El índice de eficiencia, expresa el buen uso de los recursos en la producción de un producto en un período.

Dimensión 2

Eficacia

Para (Fernandez Rios, y otros, 1997), mencionan que: “Es el énfasis en los resultados de realizar las cosas correctas, alcanzando objetivos, optimizando la utilización de los recursos, obteniendo resultados. El índice de eficacia expresa el buen resultado de la realización de un producto en un período definido.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE
Variable independiente: INGENIERÍA DE MÉTODOS

N.º	DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
1	DIMENSIÓN 1: ESTUDIO DE MÉTODO							
2	Formato de Diagrama analítico del proceso	X		X		X		
3								
4								
1	DIMENSIÓN 2: ESTUDIO DE TIEMPO							
2	Formato de Tiempo Estándar	X		X		X		
3								
4								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. Percy Ronal Rodriguez Miranda

Especialidad del validador: Industrial

DNI: 40133839

01 de Julio del 2022


Ing. Industrial – CIP 109227

Firma del Experto Informante.

1) Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

2) Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

3) Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable independiente: INGENIERÍA DE MÉTODOS

N.º	DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
DIMENSIÓN 1: ESTUDIO DE MÉTODO								
1	Formato de Diagrama analítico del proceso	X		X		X		
2								
3								
4								
DIMENSIÓN 2: ESTUDIO DE TIEMPO								
1	Formato de Tiempo Estándar	X		X		X		
2								
3								
4								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [v]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador: **Ing. Víctor Armas Corrao**

DNI: **7700446**

Especialidad del validador: **Ing. Industrial**



VICTOR JONATHAN
ARMAS CARRERA
 Ingeniero Industrial
 CIP Nº 252847

01 de Julio del 2022

Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

N.º	DIMENSIÓN / INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
DIMENSIÓN 1: Eficiencia								
1	Formato de determinación de la eficiencia	X		X		X		
2								
3								
4								
DIMENSIÓN 2: Eficacia								
1	Formato de determinación de la Eficacia	X		X		X		
2	Formato de determinación de la productividad	X		X		X		
3								
4								


Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador: **Ing. Victor Demas Carrera**

DNI: **7110446**

Especialidad del validador: **JOB Industrial**


 ----- 01 de Julio del 2022
VICTOR JONATHAN
ARMAS CARRERA
 Ingeniero Industrial
 CIP N° 252847

Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable independiente: INGENIERÍA DE MÉTODOS


N.º	DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia1		Relevancia2		Claridad3		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
DIMENSIÓN 1: ESTUDIO DE MÉTODO								
1	Formato de Diagrama analítico del proceso	X		X		X		
2								
3								
4								
DIMENSIÓN 2: ESTUDIO DE TIEMPO								
1	Formato de Tiempo Estándar	X		X		X		
2								
3								
4								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] No aplicable [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Ing. *Alegna Carrea Jimmy Rodrigo* DNI: *74822614*

Especialidad del validador: *Ing. Industrial*



JIMMY RODRIGO
ALEGRIA CARRERA
 Ingeniero Industrial
 CIP N.º 252840

 Firma del Experto Informante.

01 de Julio del 2022

1Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
 2Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
 3Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

Variable dependiente: **PRODUCTIVIDAD**

N.º	DIMENSIÓN / INDICADORES	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
DIMENSIÓN 1: Eficiencia								
1	Formato de determinación de la eficiencia	X		X		X		
2								
3								
4								
DIMENSIÓN 2: Eficacia								
1	Formato de determinación de la Eficacia	X		X		X		
2	Formato de determinación de la productividad	X		X		X		
3								
4								

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador: **Ing. Alegria Correa Jimmy Rodrigo** DNI: **74822614**

Especialidad del validador: **Ing. Industrial**



 01 de Julio del 2022

 JIMMY RODRIGO

 ALEGRIA CARRERA

 Ingeniero Industrial

 GIP-Nº-265344

Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SANDOVAL REYES CARLOS JOSE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de la Ingeniería de Métodos para aumentar la productividad en el área de transformación de planchas metálicas de la empresa

Rodal Ingenieros S.A.C", cuyos autores son NARRO QUIROZ GLEISER EDILBERTO, JIMENEZ JIMENEZ MARGOLYN ASHLEY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHEPÉN, 04 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SANDOVAL REYES CARLOS JOSE DNI: 09222224 ORCID: 0000-0002-8855-0140	Firmado electrónicamente por: CJSANDOVALR el 14-12-2022 15:15:28

Código documento Trilce: TRI - 0472433